



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA CHEMICKÁ**

FACULTY OF CHEMISTRY

**ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ**

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**STUDIUM KVALITY OLEJNATÝCH SEMEN V  
CHLEBOVÝCH VÝROBCÍCH**

STUDY OF THE QUALITY OF OILSEEDS IN BREAD PRODUCTS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jiří Fučík

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.

**BRNO 2019**

## Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1419/2018  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Student: **Jiří Fučík**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Potravinářská chemie  
Vedoucí práce: **RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

### Název bakalářské práce:

Studium kvality olejnatých semen v chlebových výrobcích

### Zadání bakalářské práce:

Literární část:

- 1) Průmyslová výroba chleba
- 2) Význam a stanovení tukových čísel
- 3) Charakteristika semen olejnin nejčastěji používaných při pečení chleba

Experimentální část:

- 1) Stanovení tukových čísel vybraných komerčně dostupných olejů lisovaných za studena
- 2) Analýza olejů vylisovaných za studena z vybraných olejninových semen
- 3) Analýza olejů vylisovaných z vybraných zahříváných olejninových semen
- 4) Analýza olejů vylisovaných z vybraných olejninových semen zapečených v chlebech
- 5) Zpracování surových dat a vyhodnocení experimentu

### Termín odevzdání bakalářské práce: 24.5.2019

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

-----  
Jiří Fučík  
student(ka)

-----  
RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2019

-----  
prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou olejů lisovaných ze semen olejin nejčastěji používaných při pečení chlebových výrobků. Analyzovány byly oleje z různě tepelně upravených vzorků semen i vzorků komerčně dostupných olejů.

V teoretické části jsou popsány jednotlivé technologické kroky a postupy výroby chleba, charakterizována semena olejin používaných při pečení chlebových výrobků a oleje z těchto semen. Dále je zde popsána experimentální technika a jednotlivé typy kvantitativní analýzy: číslo zmýdelnění, číslo kyselosti, esterové číslo, jodové číslo a peroxidové číslo.

V experimentální části byly analyzovány celkem 3 vzorky komerčně dostupných olejů (lněný, sezamový, slunečnicový) a 3 vzorky olejů lisovaných z čerstvých semen (lněná, sezamová, slunečnicová). Semena byla dále pečena v chlebu, lisován a analyzován olej.

Výsledky jednotlivých fází úpravy vzorku byly porovnány a případná změna zdůvodněna.

## **Klíčová slova**

Chlebové výrobky, semena olejin, tuková čísla

## **Abstract**

This bachelors thesis focuses on analysis of crude oils pressed from oil seeds commonly used in bread products. Analysis of oils is made on different heat treated samples of seeds and commercial available oils.

In the theoretical part is described the bread-making technological steps and processes, characterized oil seeds used in bread-making and oils from these seeds. In addition there is a description of experimental techniques and used types of quantitative analysis: saponification number, acidic number, ester number, iodine number and peroxide number.

In the experimental part was analysed in total three samples of commercial available oils (flaxseed, sesame, sunflower) and three samples of oils pressed from fresh oil seeds (flaxseed, sesame, sunflower). Seeds were also baked in the bread, pressed and analysed.

Results of each sample preparation phase was compared and possible change justified.

## **Key words**

Bread products, oil seeds, lipid numbers

FUČÍK, Jiří. *Studium kvality olejnatých semen v chlebových výrobcích*. Brno, 2019. 59 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce RNDr. Milena Vespalcová Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

*Poděkování:*

*Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí své bakalářské práce RNDr. Mileně Vespalcové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při vypracování bakalářské práce.*

## OBSAH

1.	ÚVOD.....	8
2.	TEORETICKÁ ČÁST .....	9
2. 1.	Průmyslová výroba chleba (technologie výroby) .....	9
2. 1. 1.	Vstupní suroviny .....	9
2. 1. 1. 1.	Mouka.....	9
2. 1. 1. 2.	Chemické složení mouky .....	13
2. 1. 1. 3.	Voda .....	17
2. 1. 1. 4.	Droždí.....	19
2. 1. 1. 5.	Sůl .....	22
2. 1. 2.	Příprava pšeničného těsta.....	22
2. 1. 2. 1.	Nepřímé vedení pšeničného těsta .....	23
2. 1. 2. 2.	Přímé vedení pšeničného těsta.....	23
2. 1. 3.	Hnětení.....	24
2. 1. 4.	Zrání .....	25
2. 1. 4. 1.	Enzymatické změny škrobu.....	26
2. 1. 5.	Dělení a tvarování .....	26
2. 1. 5. 1.	Skulování těsta.....	27
2. 1. 6.	Kynutí .....	28
2. 1. 6. 1.	Osazování ošatek .....	28
2. 1. 6. 2.	Kynutí .....	28
2. 1. 7.	Pečení.....	29
2. 1. 7. 1.	Chemické a koloidní změny během pečení .....	29
2. 1. 7. 2.	Pekařské pece .....	30
2. 1. 8.	Chladnutí a expedice.....	31
2. 2.	Charakteristika semen olejnin nejčastěji používaných při pečení chleba	32
2. 2. 1.	Len setý.....	32
2. 2. 2.	Sezam indický.....	32
2. 2. 3.	Slunečnice roční.....	33
2. 3.	Význam a stanovení tukových čísel.....	35
2. 3. 1.	Číslo zmydlnění .....	35
2. 3. 2.	Číslo kyselosti.....	35
2. 3. 3.	Esterové číslo .....	36

2. 3. 4.	Jodové číslo.....	36
2. 3. 5.	Peroxidové číslo.....	37
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	38
3. 1.	Chemikálie .....	38
3. 2.	Přístroje a pomůcky .....	38
3. 3.	Lisování olejů.....	38
3. 3. 1.	Identifikace vzorků .....	39
3. 4.	Operace se vzorky .....	39
3. 5.	Stanovení tukových čísel .....	40
3. 5. 1.	Číslo zmýdelnění .....	40
3. 5. 2.	Číslo kyselosti .....	40
3. 5. 3.	Jodové číslo.....	40
3. 5. 4.	Peroxidové číslo.....	40
4.	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	41
4. 1.	Analýza kupovaných olejů.....	41
4. 2.	Analýza olejů lisovaných z čerstvých semen.....	44
4. 3.	Analýza olejů vylisovaných z pečených semen.....	46
4. 4.	Analýza olejů vylisovaných ze semen pečených ve vrstvě chleba .....	46
4. 5.	Porovnání jednotlivých fází úpravy vzorku .....	50
5.	ZÁVĚR.....	55
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	57
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	60
8.	SEZNAM PŘÍLOH .....	61
9.	PŘÍLOHY .....	62



## 1. ÚVOD

Chléb, resp. pečivo obecně patří po staletí k základním kamenům výživy člověka. Výroba pečiva, jakožto komodity, patří mezi zásadní celosvětové odvětví potravinářského průmyslu. Chléb a jiné druhy pečiva lidstvo využívá po staletí jako hlavní zdroj sacharidů, potažmo energie. Pečivářenský průmysl představuje celosvětově největší podíl na spotřebě obilovin pro přímé potravinářské použití. Původně se jednalo pouze o postup spontánního kvašení těsta a následného upečení, z čehož se postupem času vyvinula specializovaná potravinářská technologie s řadou variací [1].

Technologie výroby chleba se liší v závislosti na místě výroby, dostupnosti obohacujících surovin (semena olejnin, mléčné výrobky, vaječné výrobky), či požadavcích konzumentů. Předmětem zájmu této bakalářské práce jsou zejména suroviny obohacující původní recepturu, konkrétně semena olejnin. Olej obsažený v těchto semenech může během pečení podléhat řadě fyzikálně-chemických změn, které jsou v této práci popsány na základě výsledků kvantitativních analýz.

Teoretická část bakalářské práce se zaměřuje na průmyslovou výrobu chleba, dále popisuje jednotlivé typy použitých vzorků rostlinného materiálu z hlediska botanického i chemického. Konkrétně se jedná o semena lnu setého, sezamu indického a slunečnice roční. Dále se teoretická část zabývá oleji, získávanými lisováním semen, jakožto finálním produktem využívaným nejen v potravinářském průmyslu.

Experimentální část bakalářské práce je orientována na studium složení olejů získaných vylisováním ze semen olejnin před a po tepelné úpravě těchto semen.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2. 1. Průmyslová výroba chleba (technologie výroby)

Dříve se chléb pekl pouze v menších pekárnách, jejichž počet byl vysoký, čímž bylo získáváno mnoho odlišných druhů chleba z hlediska kvality i jakosti. Nebyla tak zajištěna homogenita výroby, což je dnes z větší části zajištěno mechanizací výroby, kdy tradiční diskontinuální proces výroby byl nahrazen kontinuálním způsobem. Tím byl zajištěn jistý standard ve finální senzorické kvalitě výrobku. [2]

Při průmyslové výrobě chleba je v zásadě důležité, aby vznikla struktura charakteru tuhé pěny tzv. nakypřením těsta. Vzniká charakteristicky „nadýchané“ pečivo, a výrobek se stává požitelným. Bez nakypření by byl značně tuhý a nebylo by možné jej dobře kousat. Nakypření může probíhat třemi způsoby: biologicky (fermentací těsta pomocí kvasinek), chemicky (kypřicí prášky), mechanicky a termicky (míchání, šlehání, spolupůsobení tepla). [1]

Technologie výroby pečiva se zpravidla řídí podobného schématu, nicméně podmínky výroby se mohou lišit v závislosti na požadavcích produktu (intenzita a doba hnětení, doba kynutí, použití zlepšujících látek aj.). [6]

#### 2. 1. 1. Vstupní suroviny

Základními složkami při výrobě chleba jsou: mouka (nejčastěji pšeničná, dále žitná), voda, droždí a sůl [3]. V některých recepturách jsou obsaženy i další složky zlepšující kvalitu těsta (finálního výrobku), které nejsou pro výrobu nezbytné, nicméně vylepší jeho strukturu, či vonné a chuťové vlastnosti, a také zpomalí proces stárnutí (tvrdnutí) pečiva. Jedná se o mléčné výrobky (sušené mléko nebo syrovátka, máslo, sýr, tvaroh), vejce, cukr, tuk, chemická kypřidla. Dále se používají také tzv. zlepšující přísady, což jsou různé emulgátory, látky vážící vodu (hydrokoloidy a modifikované škroby), oxidanty (kyselina askorbová), látky pro zvýraznění chuti a vůně (koření – kmín, fenykl, anýz), barvicí látky (karamel, cikorka). Do speciálních chlebových směsí se přidávají též semena různých druhů olejnin (len, slunečnice, sezam, mák aj.). [1]

##### 2. 1. 1. 1. Mouka

Základní surovinou pro výrobu chleba je mouka. Mouka tvoří více než 60 % hmotnosti těsta a kombinací jejích vlastností, technologií výroby a dalších surovin určuje charakter finálního výrobku. V ČR se pro výrobu chleba používá zejména mouka pšeničná bílá, dále pak žitná, nejčastěji v kombinaci s pšeničnou. [4][5]

#### Nejčastěji používané obiloviny

Pro výrobu mouky se používají zrna obilovin, které z botanického hlediska patří mezi *traviny* (*Gramineae*), kdy téměř všechny patří do čeledi *lipnicovité* (*Poaceae*). Dříve se obilovinám, vhodným pro výrobu chleba a pečiva říkalo „chlebové obiloviny“, nicméně tento název je ve většině zemí chápán jako obiloviny pro pekárenské výrobky, neboť pojmem „chléb“ je rozuměno jakékoli pečivo především z pšeničné mouky. V ČR se pro výrobu mouky používá výhradně pšenice a žito. Pšenici lze označit jako celosvětově nejrozšířenější obilovinu, neboť tvoří majoritní část mouky spotřebované v pekárenském průmyslu. [1]

## Pšenice setá

Nejčastěji používanou obilovinou, pro výrobu chlebové mouky je tedy pšenice. Pšenice setá (*Triticum aestivum*) patří k nejvíce kultivovaným obilovinám na světě. Využívá k výrobě mouky, posléze pečivářských výrobků a dalších výrobků založených na použití pšeničné mouky (těstoviny, sušenky aj.). [8]



Obrázek 1: Klas pšenice seté [9]

U pšenice rozlišujeme mnoho odrůd, kde každá odrůda slouží jiným účelům. Tabulka 1 zobrazuje nejčastěji využívané odrůdy pšenice a její využití v průmyslu.

Tabulka 1: Odrůdy pšenice a jejich využití v průmyslu [1]

Latinský název	Český název	Využití
<i>Triticum aestivum</i>	Pšenice obecná	pečivo
<i>Triticum durum</i>	Pšenice tvrdá	těstoviny
<i>Triticum spelta</i>	Pšenice špalda	sušenky

V České republice se ve mlýnech ročně semele asi 1,2 milionů tun potravinářské pšenice. Podle jakosti a velikosti částic rozlišujeme následující typy pšeničné mouky:

- T 400 – mouka výběrová; nejčastěji se používá na pečení v domácnostech
- T 450 – hrubá krupice; pro výrobu extrudovaných výrobků, či zavářek do polévek
- T 450 – hrubá mouka; výroba vařených typů výrobků (vytváří tuhá těsta) – těstoviny, knedlíky aj.
- T 550 – polohrubá mouka; využití v domácnostech k vaření i pečení (vytváří tužší těsta)
- T 530 – pekařská mouka; dodávaná pouze do pekáren na výrobu pečiva (chléb, rohlíky apod.)
- T 650 – hladká mouka; využívaná v domácnostech na pečené výrobky
- T 1050 – chlebová mouka; dodávaná do pekáren na výrobu chleba
- T 1700 – celozrnná mouka; pro výrobu celozrnného pečiva

Mezi další produkty při mletí pšenice patří obalové vrstvy zrna (otruby) a krmné mouky, které se společně využívají na výrobu krmných směsí pro hospodářská zvířata. [5]

### **Žito seté**

Druhou nejčastěji používanou obilovinou je žito seté (*Secale cereale*). Pro výrobu pečiva se žitná mouka používá v kombinaci s pšeničnou, nikdy se v pečivářských výrobcích nevyskytuje pouze jeden typ mouky, získáváme tedy pšenično-žitné, či žitno-pšeničné pečivo dle převažujícího druhu mouky. [8]



*Obrázek 2: Klas žita setého [10]*

Ročně se v českých mlýnech semele asi 130 až 170 tisíc tun žita na mouku pro potravinářské výrobky. V zásadě se z žita melou tyto typy mouky:

- T 500 – hladká mouka vyrážková; pro výrobu světlého vyrážkového chleba v pekárnách
- T 930 – hladká mouka tmavá chlebová; pro výrobu chleba v pekárnách

Dále se z žita využívají otruby na výrobu krmiv, nebo topných pelet.

### **Značení mouky**

Moukou je myšlen mlýnský obilný výrobek získaný mletím určitého druhu obilí, který se třídí dle velikosti částic, granulace, obsahu minerálních látek, či typu.

Pro rozlišování typu mouky se používá číselné označení, které vyjadřuje tisícinásobek obsahu popelovin v sušině mouky. Mouky s označením T 1800 se získávají z vnějších vrstev obilného zrna (zde je obsaženo až 2 % minerálních látek), označované jako celozrnné. Směrem ke středu množství minerálních látek klesá, takový typ mouky se označuje jako T 400. Dle typu mouky lze snadno poznat, ze které části obilky byla mouka získána.

Druh mouky pak má již ve svém názvu určeno, k jakému použití je mouka vhodná (např. mouka pšeničná hladká Speciál T 530, mouka žitná celozrnná T 1700). Konkrétně pšeničná mouka pekařská Speciál (T 530) se vyznačuje nejlepší kvalitou lepku, tedy jako nejvhodnější pro výrobu pečiva.

Mouky s vyšším typovým číslem se používají především pro výrobu chleba. Jedná se o mouky tmavé, více vymleté, zadní s vyšším obsahem minerálních látek a enzymů (T 1050, T 930). Pro mouky se středním typovým číslem (T 650, T 700) je význačný vyšší obsah popelovin a horší kvalita lepku. Tento typ mouky je vhodný pro přípravu kynutých těst s chudší recepturou (běžné pečivo). Mouky s nízkým typovým číslem (T 450), přední, málo vymleté se využívají pro výrobu cukrářských výrobků a jemného pečiva. [5]

### Kontrola jakosti mouky

V současnosti existuje široká škála pekárenských výrobků, které jsou typické svými přesnými požadavky na technologický postup výroby, taktéž suroviny a přísady. To znamená, že i u mouky je kladen důraz na její kvalitu aby mohla být použita na požadovaný typ výrobku. Moderní mlýny jsou tedy již vybaveny speciálními přístroji, kterými se zjišťují pekařské a pracovatelské vlastnosti mouky.

Hlavním ukazatelem kvality mouky jsou její rheologické vlastnosti, resp. rheologické vlastnosti těsta vyrobeného z mouky příslušné kvality. Rheologické vlastnosti slouží jako dobrý ukazatel zpracovatelské kvality a textury výrobku.

Pro zjišťování rheologických vlastností existuje celá řada přístrojů. V zásadě se dělí dle účelu získaných výsledků na přístroje, díky nimž získáme rheologické charakteristiky těsta jakožto ukazatele kvality mouky a zrna, nebo přístroje, které simulují některý z technologických procesů (simulace hnětení, fermentace, pečení). Některé přístroje jsou schopny podávat informace z obou hledisek. Přístroje, které neposuzují rheologické vlastnosti těsta, získávají informace např. ze suspenze mouky nebo škrobu, případně sledují průběh mazovatění škrobu.

Mlýnské laboratorní přístroje založené na zjišťování rheologických vlastností lze dělit do několika skupin dle použité zkoušky:

- *Zjišťování vybraných usančních charakteristik rheologického chování těsta* – zde se vyhnětené těsto deformuje (tahem) buď jednosměrně ve válečku, nebo prostorově jako bublina a zaznamenává se tažnost těsta do jeho přetržení a odpor vůči napínání.
- *Simulace hnětacího procesu, zjišťování chování těsta během hnětení* – hnětení probíhá za standardních podmínek, zaznamenává se odpor vůči hnětení (odpovídá konzistenci těsta), množství vody pro vytvoření standardní konzistence těsta (vaznost) a doba vývinu těsta.
- *Simulace fermentačního procesu (vývin, kynutí), zjišťování chování těsta v průběhu fermentace* – po vyhnětení těsta se nechá fermentovat a zjišťuje se objem kypřícího plynu, či změna objemu těsta, nebo změna objemu těsta a tlaku vznikajícího kypřícího plynu.
- *Simulace pečení, zjišťování chování těsta v průběhu pečení* – stanovení změny objemu pečeného vzorku v olejové lázni při teplotě střídý při pečení.
- *Zjišťování vlastností moučných suspenzí při mazovatění (aktivita  $\alpha$ -amylasy)* – měření viskózních charakteristik suspenze mouky či škrobu při zahřívání, tedy hydrolýze škrobu pomocí amylas.
- *Měření tuhosti, tvrdosti a pružnosti střídý.*
- *Simulace extruze v laboratorním měřítku.* [1][6]

### 2. 1. 1. 2. Chemické složení mouky

Hlavní složkou mouky jsou sacharidy, především škrob. Dále se v ní vyskytují bílkoviny (lepek) a voda, která tvoří 12-15 % mouky a udává její vlhkost. Voda má v mouce význam ekonomický (cena za nákup vody), technologický (sníží schopnost vázat vodu) a hygienický (mouka s obsahem nad 15 % vody začíná plesnivět). V menší míře jsou v mouce zastoupeny lipidy a minerální látky, ve velmi malém množství také vitaminy a barviva. Další, běžně se vyskytující složky rostlinného materiálu, např. slizy, vláknina, se vyskytují ve velice malém množství. Základní procentuální zastoupení složek mouky je uvedeno v Tabulce 2. [1] [5]

Tabulka 2: Procentuelní zastoupení nejdůležitějších složek mouky v sušině [5]

Mouka		
Složka	Pšeničná [%]	Žitná [%]
Škrob	75,0 – 79,0	69,0 – 81,0
Bílkoviny	10,0 – 12,0 (30 % mokrého lepku)	8,0 – 10,0
Tuky	1,1 – 1,9	0,7 – 1,4
Cukry	2,0 – 5,0	5,0 – 8,0
Vláknina	0,1 – 1,0	0,1 – 0,9
Slizy	2,5 – 3,4	3,5 – 5,2
Popeloviny	0,4 – 1,7	0,5 – 1,7

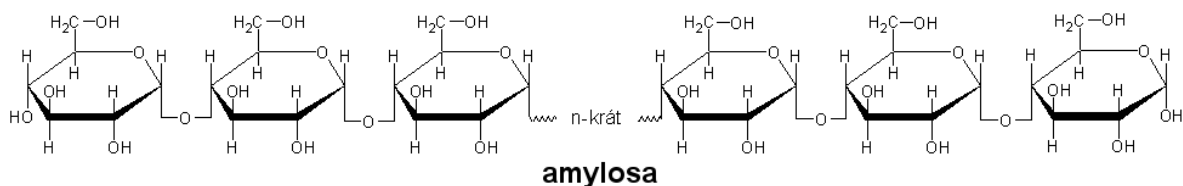
### Sacharidy

Nižší sacharidy, tedy mono-, di-, tri- a oligosacharidy v obilovinách vznikají degradací škrobu a jejich koncentrace je proměnlivá, závislá na stupni hydrolýzy škrobu. Co se týče monosacharidů obsahuje pšeničná mouka 100-900 mg.kg<sup>-1</sup> glukózy a 200-800 mg.kg<sup>-1</sup> fruktózy. Oligosacharidů se v pšeničné mouce nachází asi 0,4-1,6 % a jedná se o maltózu v množství 500-1000 mg.kg<sup>-1</sup>, sacharózu 1000-4000 mg.kg<sup>-1</sup> a rafinózu v koncentraci 500-1700 mg.kg<sup>-1</sup>. [11]

Největší význam z technologického hlediska mají polysacharidy, především škrob. Škrob patří chemicky mezi větvené lineární homopolysacharidy (homoglykany), tedy polysacharidy, jejichž monomeny jsou tvořeny výhradně D-glukózou spojenou glykosidickou vazbou. Škrob se řadí mezi zásobní polysacharidy rostlin, kdy tvoří zásobu energie obilného zrna, která v období růstu nové rostliny pokryje svým štěpením značnou část energických potřeb. V buňce se škrob nachází v organelách plastidech v podobě nerozpustných micel nazývaných škrobová zrna, či škrobové granule (kulatý, oválný tvar).

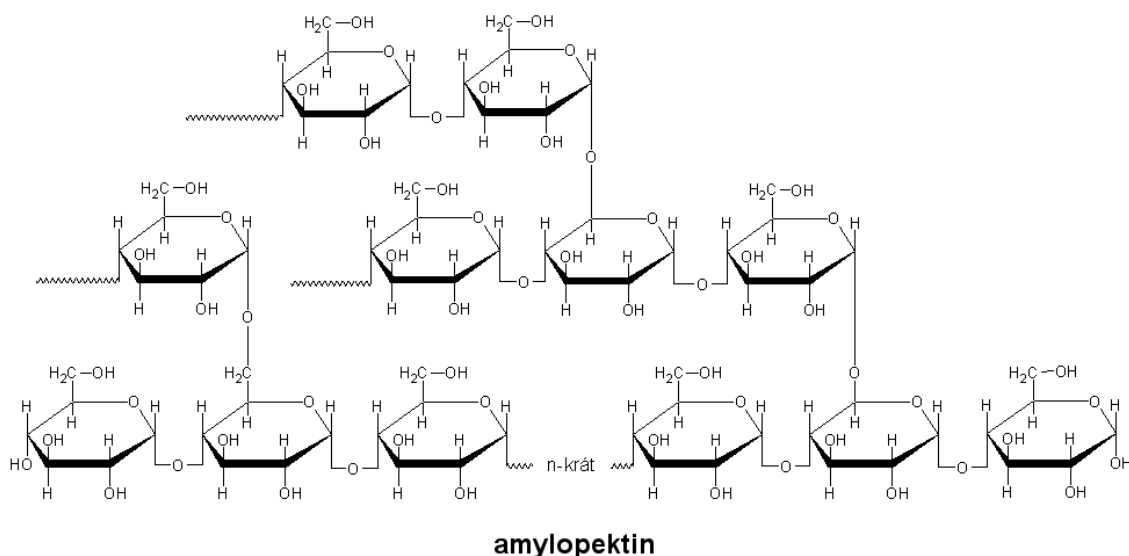
Škrob se skládá ze dvou homopolysacharidů amylozy a amylopektinu v hmotnostním poměru 1:3. Amylóza je homopolysacharid tvořen lineárním řetězcem  $\alpha$ -D-glukopyranos spojených  $\alpha$ -(1,4)-glykosidickou (tedy jde o  $\alpha$ -D-(1,4)-glukan) obsahující neredukující konec na hydroxylovém uhlíku, který se již neúčastní glykosidické vazby a redukující konec na anomerním uhlíku, který se účastní glykosidické vazby typu  $\alpha$ -(1,4). Může být částečně estrifikována kyselinou fosforečnou (u pšeničné mouky asi 0,055 % fosforu), u obilných škrobů též mohou existovat komplexy s lipidy. V neutrálních roztocích a vodě bývá amylóza náhodně svinutá, místy vytváří levotočivý helix. Škrob obilovin obsahuje okolo 1000-2000 glukózových

jednotek o celkové molekulové hmotnosti 180-1000 kDa. Amylóza je znázorněna na Obrázku 3.



Obrázek 3: Řetězec amylózy [13]

Amylopektin je větvený homopolysacharid, který obsahuje glukózové jednotky spojené  $\alpha$ -(1,4)-glykosidickou vazbou, ale na rozdíl od amylózy obsahuje navíc i místa větvení, kde jsou glukózové jednotky spojené  $\alpha$ -(1,6)-glykosidickou vazbou. Molekulová hmotnost amylopektinu činí 10-200 MDa. Strukturu amylopektinu znázorňuje Obrázek 4.



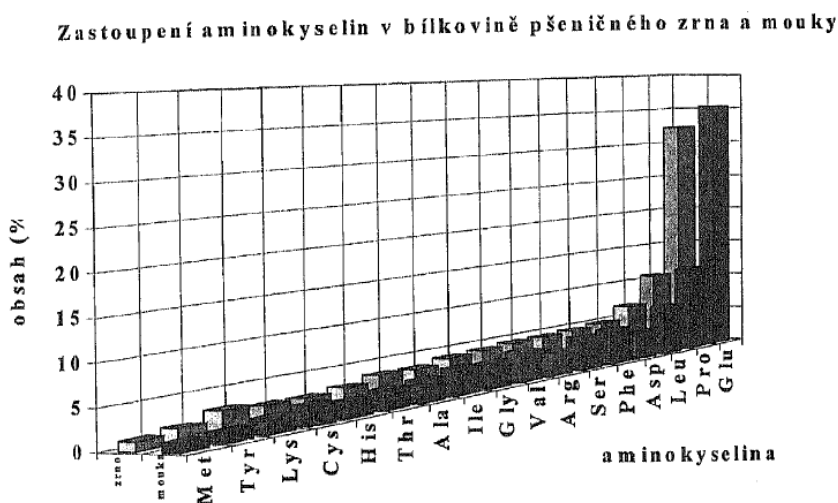
Obrázek 4: Struktura amylopektinu [13]

Mezi vlastnosti škrobu patří inhibice, což znamená, že škrobová zrna přijímají při běžné relativní vlhkosti ze vzduchu asi 0,2 g vody (vztaženo na 1 g suchého škrobu), tím pádem bude pšeničný škrob obsahovat 17 % vody (1 molekula glukózy odpovídá 1,5 molekule vody). Díky této vlastnosti je škrob vhodnou surovinou pro výrobu forem na cukrovinky, či výrobu želatinových bonbonů. Další vlastností škrobu je tzv. mazovatění, nebo-li želatinace. Je to vlastnost, kdy ve studené vodě škrob bobtná (nerozpouští se) a vytváří suspenzi, ale při zahřátí (50-70 °C) nastává ještě intenzivnější hydratace a vzniká viskózní škrobový maz. Pokud je koncentrace mazu dostatečná, vytváří se trojrozměrná síť, nazývaní se škrobový gel, pokud je nízká, vzniká viskózní pasta nebo koloidní roztok. Retrogradace je vlastnost želatinovaného škrobu, který není v termodynamické rovnováze a po několika hodinách stání se mění jeho struktura i rheologické vlastnosti (získá gumovitou texturu a vyšší pevnost), jedná se tedy o opak želatinace. Typickým projevem retrogradace je stárnutí (tvrdnutí) pečiva, kdy rozpečením lze částečně škrob želatinovat. Reakce škrobu souvisí s jednotlivými technologickými kroky výroby pečiva, tedy budou zmíněny později.

Vedle škrobu obsahuje pšeničná mouka také neškrobové polysacharidy, které zastávají funkci strukturní (stavební), jsou též nositelem rostlinných pletiv a lze tyto polysacharidy označovat jako vlákninu. Mezi tyto polysacharidy patří celulóza, hemicelulósy a lignin, což jsou látky ve vodě nerozpustné. Dále se zde vyskytují polysacharidy ve vodě rozpustné, či bobtnající, které jsou schopny tvořit vysokoviskózní a vysokovazné komplexy. Jedná se o tzv. pentosany a  $\beta$ -glukany. [1][11]

## Bílkoviny

Druhou nejvíce zastoupenou složkou mouky jsou bílkoviny, které jsou podle Tabulky 2 obsaženy 8-12 % v sušině. Co se týče zastoupení aminokyselin, v největším množství se v pšeničné bílkovině nachází kyselina glutámová, resp. glutamin a představuje více než 1/3 z celého obsahu aminokyselin. Druhé nejvyšší zastoupení má prolin, který díky své struktuře dává předpoklady k vytvoření trojrozměrné pružné bílkovinné sítě těsta. Aminokyselinou, která je v pšeničné bílkovině naopak deficitní je lysin, tedy je pšeničná bílkovina pro člověka považována za neplnohodnotnou a v případě konzumace pečiva je zapotřebí lysin doplňovat z externích zdrojů (např. vajec, masa, mléka). Zastoupení aminokyselin v pšeničné bílkovině zobrazuje Obrázek 5. [1]



Obrázek 5: Zastoupení aminokyselin v pšeničné bílkovině [1]

Pšeničná mouka obsahuje směs bílkovin především dvou druhů. Prvním druhem jsou tzv. gliadiny (prolaminy) monomerního charakteru obsahující  $\alpha$ -,  $\gamma$ -, a  $\omega$ -gliadiny. Druhým typem bílkovin jsou tzv. gluteniny (gluteliny) vyskytující se jako dimery až polymery, v menší míře se v pšeničné bílkovině vyskytují též albuminy a globuliny. Gluteniny rozlišují se na gluteniny o nízké molekulové hmotnosti (LMW) a vysoké molekulové hmotnosti (HMW), v závislosti na složení gluteninů v mouce, vykazuje těsto různé rheologické vlastnosti. Zejména gluteniny o vyšší molekulové hmotnosti mají zásadní roli při určení viskoelastických vlastností těsta. Při hnětení pšeničné mouky s vodou za současného provzdušňování vzniká bobtnáním (složky jsou ve vodě nerozpustné) a spojením gliadinů a gluteninů pevný gel tzv. lepek, který tvoří vlastní kostru pšeničného těsta a dává mu charakteristickou tažnost (gliadiny) a pružnost (gluteniny). [12]

Struktura gliadinů je tvořena spojitým řetězcem s úseky  $\alpha$ -helixu a částmi s náhodnými ohyby. Helixy jsou strukturálně udržovány pomocí vodíkových můstků a ohyby pomocí

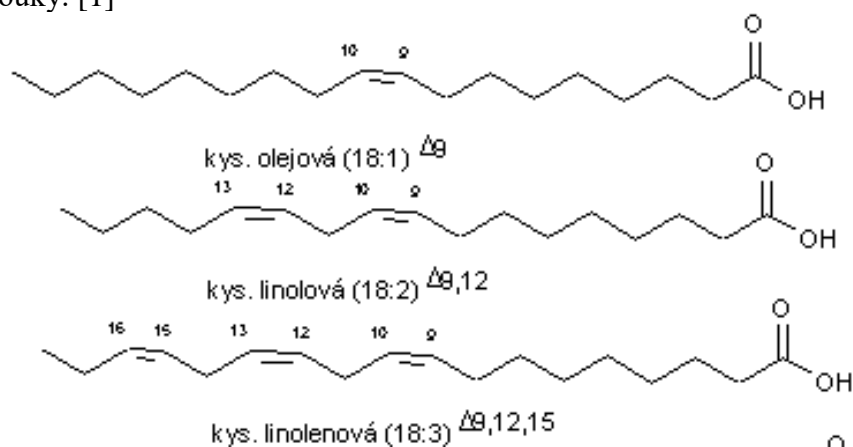


pevných disulfidických můstků. Struktura gluteninů je proti tomu složitější a je tvořena komplexem LMW, udržovaných pomocí disulfidickými i vodíkovými můstky (intramolekulární) a navenek spojovanými s ostatními řetězci vodíkovými můstky, či hydrofobními interakcemi. HMW jsou udržovány pomocí intramolekulárních disulfidických vazeb a s ostatními řetězci jsou vázány intermolekulárními disulfidickými vazbami. [12]

## Lipidy

V endospermu obilného zrna, tedy mouce se vyskytuje maximálně 2 %, jedná se hlavně o triacylglyceroly. Ačkoli obsah lipidů v mouce není vysoký, hraje významnou roli při tvorbě těsta, kdy obsah polárních lipidů má vliv na objem pečiva.

Z nenasycených mastných kyselin se v mouce vyskytuje linolová, linolenová a olejová. Tyto však velmi snadno podléhají oxidaci, čímž mouka žlukne a to má za následek zvýšení kyselosti (způsobené hydrolýzou příslušnými lipasami. K oxidaci dochází při dlouhodobém skladování mouky. [1]



Obrázek 6: Nenasycené mastné kyseliny obsažené v mouce [14]

## Ostatní látky

Další látky obsažené v endospermu pšeničného zrna, tedy mouce se již vyskytují v menší míře a jedná se především o vitaminy nebo minerální látky (též nazývané popeloviny).

Vitaminy se v endospermu nachází v omezeném množství, proti tomu vyšší množství je obsaženo v obalových vrstvách a klíčcích. Ze skupiny vitaminů hydrofilní povahy se v mouce vyskytují vitaminy skupiny B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub> – množství vitaminů skupiny B zobrazuje Tabulka 3), C (přírodně se téměř nevyskytuje, ale je do mouky přidáván jako zlepšující prostředek zabráňující autooxidaci lipidů v množství 10-100 mg.kg<sup>-1</sup>).

*Tabulka 3: Obsah vitaminů skupiny B v pšeničné mouce [11]*

Vitamin	Obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Thiamin (B <sub>1</sub> )	0,6-5,5
Riboflavin (B <sub>2</sub> )	0,2-1,2
Niacin (B <sub>3</sub> )	9,0-57,0
Pyridoxin (B <sub>6</sub> )	1,2-6,0
Panthotenová kyselina (B <sub>5</sub> )	8,0-13,0
Biotin (B <sub>7</sub> )	0,01-0,06

Ze skupiny lipofilních vitaminů (rozpustných v tucích) je přítomen vitamin E v množství 15-50 mg.kg<sup>-1</sup> a v menší míře vitamin K v množství 0,004 mg.kg<sup>-1</sup>.

Minerální látky, též popeloviny se v pšeničné mouce nacházejí v množství 0,4-1,7 % (viz. Tabulka 2) Jejich obsah stoupá se stupněm vymletí mouky (větším podílem obalových vrstev v mouce). Nejvíce zastoupeným prvkem v pšeničné mouce je fosfor, dále pak draslík, síra, hořčík, chlor, vápník a sodík. Obsah minerálů v mg.kg<sup>-1</sup> zobrazuje Tabulka 4. [11]

*Tabulka 4: Obsah minerálních látek v pšeničné mouce [11]*

Prvek	Na	K	Cl	Mg	Ca	P	S
Obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]	20-30	1100-1300	360-480	210-1300	130-260	1000-3500	1300-1400

### 2. 1. 1. 3. Voda

Další základní surovinou při výrobě chleba je voda, která při smísení a vyhnětení s moukou tvoří homogenní a soudržnou hmotu – těsto. Voda používaná na přípravu kvasů a těst musí být vždy pitná a to ať už z veřejného zdroje, kde za kvalitu ručí dodavatel, nebo z vlastního zdroje, který podléhá přísné kontrole Krajské hygienické správy. [5]

Co se požadavků na pitnou vodu používanou v pekárenské technologii týče, měla by být čirá, bezbarvá, bez cizí vůně a pachu. Z hlediska mikrobiologie ve vodě nesmí být přítomny koliformní bakterie a v 1 ml nesmí hodnota mezofilních bakterií přesahovat 20, též nesmí obsahovat patogenní, či podmíněně patogenní mikroorganismy. Nežádoucí látky rozpuštěné ve vodě (fenoly, rtuť, olovo, měď, kyanid, selen, sodík aj.) nesmí překročit maximální hodnoty dle vyhlášky 252/2004 Sb. 1 litr vody může obsahovat max 0,5 mg dusitanů a 50 mg dusičnanů. Klíčový parametr pitné vody je tvrdost. Její přípustná hodnota je v rozmezí 3,5-9 mmol.l<sup>-1</sup> a je způsobena solemi vápníku a hořčíku. Příliš měkká voda způsobí urychlení kvašení, těsta jsou lepkavá, roztékavá, volnější a se sníženou vazností, naopak tvrdá voda fermentaci zpomalí, brzdí činnost enzymů a ztuhuje lepek. Optimální teplota pitné vody pro pekařskou praxi je 8-12 °C, pH vody by mělo být v rozsahu 6-8. Vyšší pH by zapříčinilo nižší kyselost kvasů, čímž by se brzdilo zrání a těsto nekynulo. pH<6 urychluje kvašení a zrání těsta a zvyšuje objem výrobku. [5][15]

V potravinářských provozech se kromě pitné vody využívají také jiné druhy vod. Konkrétně se jedná o vodu užitkovou, destilovanou, provozní napájecí a odpadní. Užitková voda má méně přísné parametry než pitná, a může být využita v sociálním zázemí provozoven. Destilovaná

voda neobsahuje žádné minerální látky a používá se výhradně k chemickým rozběrům v laboratoři při kontrole jakosti výrobků. Provozní napájecí voda se používá do parních kotlů k zapařování kynárny a pece. Jedná se o kondenzační vodu vznikající kondenzací topné páry, či brýdovou páru z varných kotlů a odparek. Ve své podstatě se jedná o vodu pitnou změkčenou iontoměníči, aby se kotel nezanášel kotelním kamenem. Odpadní voda bývá v potravinářském průmyslu znečištěna hlavně organickými zbytky (zbytky tuků, mouky, těsta, saponátů pro čištění strojního zařízení). Každý provoz musí mít buď vlastní čističku odpadních vod, nebo být napojen na veřejnou.

### **Technologický význam vody**

- Spojuje a hydratuje suroviny, s moukou tvoří těsto
- Rozpouští látky složené z iontů (např. NaCl) a tím vznikají roztoky (26-28%) používané při výrobě těst
- Zpracováním s moukou tvoří gely, koloidní roztoky, pěny
- Navázání vody na funkční skupiny některých organických sloučenin (bílkoviny, škrob) má zásadní vliv na tvorbu struktury při pečení – voda z hydratovaných denaturovaných bílkovin se uvolní a váže na mazovatější škrob prostupující bílkoviny, přebytečná voda se přemění na vodní páru, která vytvoří póry, tj. charakteristickou strukturu struktury
- Je výborným přenašečem tepla (což souvisí s využitím odpadního tepla)

V procesu výroby je klíčové dávkování vody. S vyšším množstvím přidané vody je spjata např. vyšší výtěžnost výrobku, větší vláčnost, tedy i chutnost výrobku. Naopak vyšší přídavek vody může mít i negativní vliv např. horší zpracovatelnost těst, horší udržení tvaru a propékání těst, vyšší sklony k plesnivění vlivem vyšší vlhkosti výrobku a menší propečenosti. [4]

Při dávkování vody je třeba brát v potaz její teplotu s ohledem na teplotu vyhněteného těsta. Maximální doporučená teplota vody je 45 °C, při vyšší by již denaturovaly bílkoviny v mouce a těsto by se tím znehodnotilo. Pro orientační teplotu dávkované vody se využívá následujícího vztahu:

$$T_v = 3T - (T_m + T_p + T_z);$$

kde  $T_v$  značí teplotu dávkované (odlévané) vody ve °C;

$T$  potřebnou teplotu těsta ve °C;

$T_m$  je teplota mouky ve °C;

$T_p$  označuje teplotu prostředí ve °C;

$T_z$  se rozumí teplota, o kterou se těsto zahřeje při mísení ve °C.

Po vypočtení teploty odlévané vody je potom voda dávkována automatickými průtokovými dávkovači, kde potřebnou teplotu lze jednoduše nastavit. [5]

### **Obsah vody ve finálním produktu**

Množství vody, resp. její aktivita ve výrobku, výrazně ovlivňuje organoleptické vlastnosti pečiva (texturu, vůni, chuť, barvu). Má však především vliv na jeho údržnost, odolnost vůči mikrobiální kontaminaci a enzymové (biochemické) či neenzymové (chemické) reakci, ke kterým dochází během zpracovávání a skladování. Tabulka 5 uvádí množství vody a aktivitu vody v chlebu v porovnání s ostatními druhy potravin. [11]

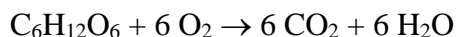
Tabulka 5: Obsah a aktivita vody v některých potravinách [11]

Potravina	Obsah vody [%]	Aktivita vody [%]
maso	35-72	0,97-0,98
sýry	30-78	0,97
chléb	35-45	0,97
vejce	74	0,97-0,98
těstoviny	9-12	0,50
cukr (sacharóza)	0-0,5	0,10

#### 2. 1. 1. 4. Droždí

Nepostradatelnou surovinou výroby chleba je droždí, které je zodpovědné za objem produktu, ale má vliv i na senzorické vlastnosti pečiva a jeho strukturu.

Droždí jsou v podstatě vylisované kvasinky rodu *Saccharomyces cerevisiae* Hansen a jsou pro většinu pekařských výrobků nejpoužívanějším kypřidlem. Zvětšování objemu výrobku je zapříčiněno vznikajícím CO<sub>2</sub> (kypřící plyn) během procesu kvašení, kdy za aerobních podmínek ze zkvasitelných cukrů vzniká CO<sub>2</sub> a voda podle následující rovnice:



V průběhu procesu zrání a kynutí je důležitá aktivita droždí, která se sleduje buď podle množství uvolněného CO<sub>2</sub> nebo přímo z nárůstu objemu pečiva. Pokud výrobek nesplňuje některý z požadovaných parametrů (objem, kynutí, rychlost kynutí, soudržnost) je velká pravděpodobnost, že bylo použito droždí špatné kvality. Odpovídající kvalitu droždí lze hodnotit také senzoricky, kdy by standardní droždí mělo být barvy světle hnědé, konzistence polotuhé hmoty s lasturovitým lomem snadněji se lámajícím až drobícím. Co se týče vůně, mělo by mít charakteristickou kvasničnou, bez dalších pachů (kyselina octová, máselná, alkohol, amoniak aj.). Chuť droždí by měla být taktéž charakteristická, na jazyku se jemně rozplývající, bez cizích příchutí a pachů. [5]

Kvasinky droždí zkvašují především glukózu, fruktózu, sacharózu, maltózu, také většinu disacharidů a trisacharidů rafinózy, nezkašují laktózu a pentózy. 1 g (1 cm<sup>3</sup>) droždí obsahuje přibližně 10<sup>10</sup> kvasinkových buněk. Obsah kvasinek bývá vyšší u droždí s vyšším procentem sušiny. Droždí se skladuje při teplotě 4-7 °C, kdy kvasinky vykazují minimální činnost, postupně jsou aktivovány na předvýrobní teplotu (8-15 °C) a následně při technologickém procesu zahřáty na teplotu 20-30 °C. Nejvhodnější teplota pro vývin kvasných plynů se udává 30-32 °C, kdy nastává k největšímu vývinu během kynutí. Vyšší teploty pak už způsobují inaktivaci kvasinek, či destrukční a rozkladné procesy v těstech. [5]

#### Druhy pekařského droždí

##### Čerstvé lisované droždí

Lisované droždí zůstává nejpoužívanější formou, která má dostatečně dlouhou dobu skladovatelnosti (7-28 dní), stabilní kvalitu, mikrobiologickou čistotu. Droždí je formováno do kostiček o hmotnosti 42, 50, 250, 500 a 1000 g, též do kartonů po 10 kg a netvarované v pytlích po 15 kg. [7][5]



*Obrázek 7: Lasturovitý lom lisovaného droždí [16]*

### **Tekuté droždí**

Tento typ droždí obsahuje do 22 % sušiny. Trvanlivost tekutého droždí při skladování je 28 dní ode dne balení. Dodává se ve formě tekutého krému v plastových pytlících, či zásobnících (kartonové krabice) např. po 22 kg. Droždí je skladováno ve speciálním chladicím boxu při teplotě 2-6 °C. Dávkování tekutého droždí se přepočítává na lisované a hmotnostní poměr lisovaného k tekutému je 1:1,3 – 1,5 dle receptury. [5]



*Obrázek. 8: Tekuté droždí [17]*

### **Granulované droždí**

Granulované droždí vykazuje stejné vlastnosti jako droždí lisované s tím rozdílem, že je desintegrováno do malých částic, které mají dobré tokové vlastnosti, které jsou dobře manipulovatelné při vážení, či automatickém dávkování. Drobné částice vykazují velký povrch, čímž se droždí stává velmi citlivé na styk se vzdušným kyslíkem. Již během balení dochází k zahřívání, avšak k poškození nedochází, neboť vznikající CO<sub>2</sub> vytváří inertní atmosféru a tím droždí chrání. Tento typ droždí je k dostání v pytlích po 25 kg.[15]



*Obrázek 9: Granulované droždí [20]*

### **Sušené droždí**

Nejznámější formou sušeného droždí je tzv. aktivní sušené droždí s obsahem sušiny přes 90 %. Vyznačuje se dlouhou dobou trvanlivosti (za doporučených skladovacích podmínek až 1 rok), stabilitou, jednoduchým použitím a spolehlivostí. Sušeného droždí slouží jako rezerva lisovaného droždí a je dodáváno v 0,5, 1, 10 kg vakuových obalech. Dávkování sušeného droždí je udáváno v hmotnostním poměru 3-4:1 (lisované droždí : sušené droždí). Sušené droždí je nutno před použitím rehydratovat přidáním vody o teplotě 35-40 °C. Droždí přijme cca 25 % vody. [5] [7]



*Obrázek 10: Aktivní sušené droždí [18]*

### **Sušené instantní droždí**

Moderní formou sušeného droždí je instantní, které oproti aktivnímu sušenému droždí obsahuje přísady, které zlepšují jeho vlastnosti (např. dobré a rychlé rozptýlení v těstě). Vykazuje dobrou a rychlou rehydrataci při použití, tedy není třeba ho před použitím máčet ve vodě. Vyznačuje se také dlouhou dobou trvanlivosti, která za běžných podmínek bývá až 2 roky. Sušené instantní droždí se dodává ve vakuových obalech po 0,5 kg, nebo kartonech po 10-15 kg. [5][7]



*Obrázek 11: Sušené instantní droždí [19]*

#### **2. 1. 1. 5. Sůl**

Sůl neboli chlorid sodný se v potravinářské terminologii označuje jako jedlá sůl a z chemického hlediska se jedná o krystalický produkt s obsahem nejméně 97 % NaCl v sušině. Jedlá sůl může být obohacena jódem (max 27 mg/kg soli), jódem s fluorem (max 250 mg fluoru/1 kg soli), či jinými neminerálními látkami.

V pekářenském průmyslu se sůl používá buď na posyp hotového výrobku nebo přídavek do těsta. Význam přídavku soli do těsta je hlavně v ovlivnění rheologických vlastností, kdy se ztužuje konzistence lepkové bílkoviny a současně snižuje vaznost mouky. Sůl má též vliv prodloužení doby vývinu těsta (zvýšení podílu disociovaných skupin ze soli a tím omezení elektreaktivity bílkoviny – pomalejší tvorba bílkovinné sítě). Avšak u těst s nižším pH přídavek soli naopak dobu vývinu těsta zkrátí, neboť více disociují některé polární skupiny bílkovin a tím se rychleji tvoří bílkovinná síť.

Přídavkem 1-2 % soli se vytvoří typicky slaná chuť výrobku a v kombinaci s cukrem tzv. plná chuť. Negativním vlivem přídavku soli je snížení aktivity kvasinek v procesu fermentace, kdy vznikne menší množství CO<sub>2</sub> a tím se celý proces zrání zpomalí.

Do pekářenského průmyslu je sůl dodávána ve formě hrubých, či jemných krystalků, nebo jemně rozemletá. Hrubé krystalky jsou vhodné pro zdobení pečiva, jemné krystalky a jemně rozemletá sůl je vhodná pro přídavek do těsta, protože se lépe rozpouští. [15]

#### **2. 1. 2. Příprava pšeničného těsta**

Příprava těsta patří k nejdůležitějším technologickým operacím, neboť přímo určuje jakost finálního výrobku. Kvalita výrobku je určena několika faktory: surovinové složení, vytvoření správného těsta z hlediska koloidně-chemických a fyzikálně-mechanických vlastností, správné nakypření a správné tepelné zpracování, upečení. Hlavním cílem přípravy těsta je vytvoření dokonale spojitě struktury bílkoviny (lepku) a polysacharidů (škrobů a pentosanů). U pšeničného těsta se tato spojitá struktura nazývá trojrozměrná síť lepkové bílkoviny s charakterem tuhého gelu. Formuje se při přídavku vody a hnětení. [1]

Rozlišují se dva druhy přípravy (vedení) pšeničného těsta: nepřímé s tvorbou kvasného předstupně a přímé bez kvasného předstupně.

### **2. 1. 2. 1.      Nepřímé vedení pšeničného těsta**

Jedná se o způsob přípravy těsta, kdy se před vymísením těsta připraví tzv. kvasný předstupeň a ten se do těsta přidá později. Při přípravě pšeničného těsta byl tento způsob využíván hlavně v minulosti, protože se výroba chleba situovala spíše v menších diskontinuálních pekárnách a teplota a vlhkost prostředí byly velmi nestabilní. Příprava kvasných předstupňů byla výhodná hlavně proto, že tyto výkyvy teploty a vlhkosti prostředí dokázala částečně vykompenzovat. Dalším důvodem tvorby kvasných předstupňů bylo snížení spotřeby droždí, neboť účelem předstupně bylo pomnožení kvasinek a jejich aktivace do takové míry, aby po přidání do těsta probíhala intenzivní fermentace. Vnější projevem je též mírné zvýšení objemu a celistvosti těsta. Parametrem určujícím kvalitu finálního těsta byla zralost předstupně, což se projevilo zmíněným zvýšením objemu těsta, naproti tomu při snižování objemu a objevení velkých trhlin po unikajícím CO<sub>2</sub> bylo jasné, že byl kvasný předstupeň přezrálý.

Nejčastějším kvasným předstupněm při výrobě pšeničného těsta v ČR byl tzv. omládek, který se připravuje smísením vody, mouky a pekařského droždí. Dříve se do omládku přidával ještě ječný slad. Konzistence omládku bývala řidší než finální těsto (v závislosti na množství přidané vody – běžně 60-70 %). Konzistence omládku byla dána také použitou moukou. Pokud byla mouka „silnější“, tzn. nízký obsah vnějších obalových vrstev zrna, používalo se až 6 % droždí. U slabších typů mouky se používalo pouze 1 % droždí. Doba fermentace omládku se udávala v rozmezí 3-4,5 h v závislosti na teplotě kvašení (okolo 30-32 °C).

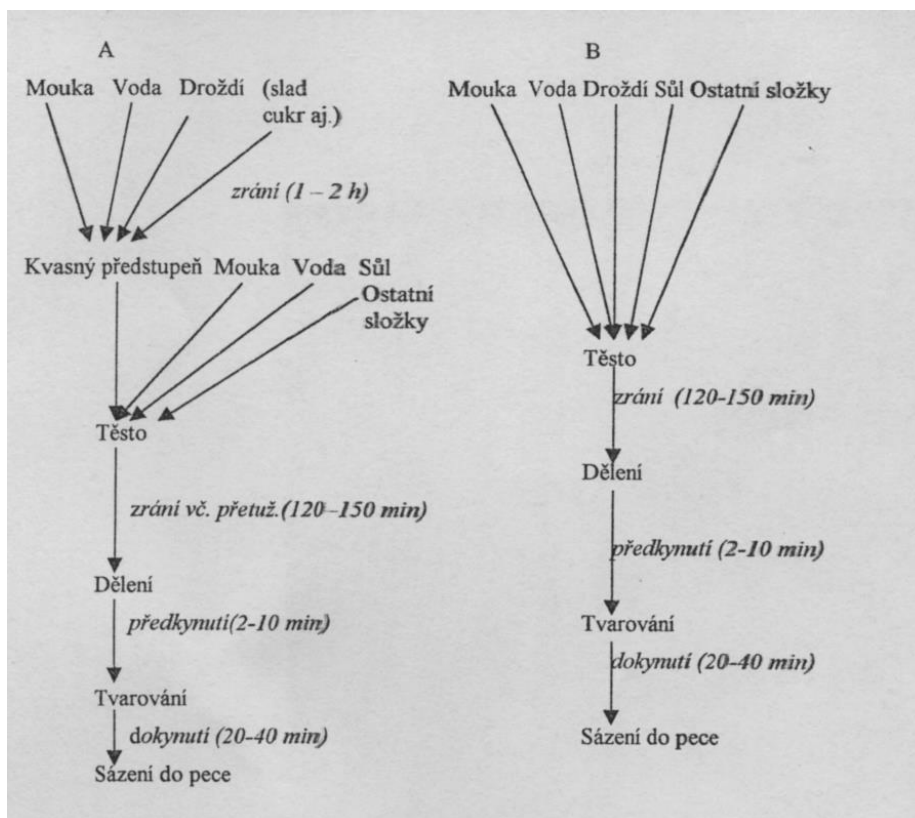
V současné době se při výrobě chleba příprava kvasných předstupňů využívá minimálně a v moderní průmyslové produkci téměř vůbec. Pokud se však používá, je jejich příprava modifikovaná; droždí rozmíchává ve dvou zásobních nádržích a z jedné se již aktivované droždí přečerpává do druhé. Doba aktivace se pohybuje okolo 30 min.

V zahraničí (USA) se tvorba kvasných předstupňů (prefermentů) využívá v širší míře, neboť díky tomu lze docílit výrazného zkrácení, až úplného vypuštění času potřebného pro zrání těsta. Takto připravené těsto, tedy smícháním fermentovaného předstupně a ostatních surovin, se zformuje do konečného tvaru, nechá se dokynout a lze ho rovnou péct. [1][15]

### **2. 1. 2. 2.      Přímé vedení pšeničného těsta**

Při přímém vedení pšeničného těsta se všechny složky dávkují současně bez tvorby kvasného předstupně a ihned se vymíchají a vyhněte se těsto. Výhodou tohoto postupu je výrazné zjednodušení technologického postupu, snížení nároků na zařízení (na přípravu kvasů je zapotřebí speciálních fermentorů) a také na obsluhu. Mezi nevýhody tohoto postupu patří delší doba zrání těsta a náležité podmínky pro zrání v dížích či zracích dopravnících. Dobu zrání lze zkrátit vyšším přídatkem droždí. Při dávkování 1-2 % droždí bývá doba zrání dvakrát a vícekrát delší než při použití 3-4 %. Pro urychlení zrání je nezbytné použít dostatečně aktivní droždí se standardní plynotvornou kapacitou. [15][21]





Obrázek 12: Schéma pro porovnání nepřímého vedení těsta (A) a přímého vedení těsta (B) [1]

### 2. 1. 3. Hnětení

Po smísení všech surovin, případně předkvasů, postupným hnětením v tzv. dížích vzniká chlebové těsto. Během hnětení probíhá v těstě mnoho chemicko-fyzikálních změn. Díky přidavku vody a intenzivnímu hnětení začínají molekuly škrobu mouky bobtnat a spolu s molekulami bílkovin tvoří prostorovou síť charakteru tuhého gelu. Tedy z původně tekutých, či sypkých vstupních surovin se postupem hnětacího procesu stává systém, jehož spojitou fází je nabobtnaný gel a v něm suspendovaná škrobová zrna a další tuhé složky (např. sušené mléko, mleté koření) nebo hydrofobní tuky. V průběhu hnětení dochází k postupné hydrataci složek těsta. Nejprve se hydratují hydrofilní skupiny ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ), buď z koncových aminokyselin, nebo z aminokyselin, jež mají tyto skupiny zdvojené a neblokované. Hydrofobní skupiny ( $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{C}_2\text{H}_5$ ) zpočátku hydratovány nejsou a udržují vazby mezi řetězci, např. pomocí vodíkových můstků. Zásadní roli při mechanickém hnětení má přístup kyslíku. Díky němu mohou probíhat oxidačně-redukční procesy, které vedou například k vytváření disulfidických vazeb  $-\text{S}-\text{S}-$  z volných thioskupin aminokyselin methioninu a cysteinu obsažených v bílkovině mouky a tím vytváření charakteristické struktury lepku, která je tvořena spojenými gliadinovými a gluteninovými řetězci. Dostatečný přístup kyslíku má také vliv na pevnost těsta a je předpokladem většího objemu plynu při fermentaci. [15]

Při procesu hnětení nejprve vzrůstá odpor těsta vůči hnětlům a s dalším hnětením tento odpor slábne, tedy klesá tzv. celková tuhost těsta. Můžeme tedy říct, že kvalita vyhněteného těsta je závislá na čase. Optimální doba pro hnětení těsta závisí zejména na poměru pšeničné a žitné mouky, pekařské kvalitě použitých mouk, použitého hnětacího stroje. Při optimální hnětací době získáme těsto odpovídající technologické kvality pro další použití.

Při kratší hnětací době než optimální získáme těsto, které není schopno zadržovat kypřící plyn, tedy nezvětší svůj objem, naopak přehnětené těsto vykazuje roztékavou, lepivou a špatně zpracovatelnou strukturu. Rozlišují se v zásadě 3 typy hnětacích strojů:

- *Stroje s nízkou intenzitou mísení* – doba hnětení od 15 do 20 min (počet otáček mísidla okolo 70 za minutu)
- *Stroje se střední intenzitou mísení* – doba hnětení od 6 do 10 min (200-500 otáček za minutu)
- *Stroje s vysokou intenzitou mísení* (mixéry) – doba mísení max 2 min (v řádech tisíců otáček za minutu) [21]



Obrázek 13: Spirálový hnětač těsta s překlápěním [22]

#### 2. 1. 4. Zrání

Z vyhněteného těsta je třeba dostat těsto optimální zpracovatelnosti, proto je nutné jej 15-30 minut nechat zrát. Během procesu zrání probíhají v těstě následující změny:

- Koloidní změny – zbobtnání škrobu, pentosanů a bílkovin (probíhá též při hnětení)
- Enzymatické procesy – enzymatické odbourávání vysokomolekulárních složek těsta za tvorby nižších produktů (dextriny, monosacharidy, peptidy, aminokyseliny)
- Mikrobiologické procesy – množení kvasinek a tvorba jejich metabolitů (ethanol, oxid uhličitý, organické kyseliny) [21]

Nejdůležitějším procesem zrání je enzymatické odbourávání složek těsta, zejména škrobu a posléze zkvašování produktů degradace, což jsou mono a oligosacharidy. Fermentace nízkomolekulárních produktů štěpení je za anaerobních podmínek zajišťována alkoholickým kvašením, kdy ze substrátu vzniká ethanol, oxid uhličitý (kypřící plyn) a organické kyseliny. Alkoholové kvašení popisuje následující rovnice:



V menší míře, především bezprostředně po ukončení hnětení, kdy se k metabolismu kvasinek využije kyslík inkorporovaný do těsta, probíhá využití substrátu aerobním způsobem tzv. respirací dle rovnice:



Několik minut po ukončení hnětacího procesu je však kyslík kvasinkami spotřebován a metabolismus se mění na anaerobní. [15]

#### **2. 1. 4. 1. Enzymatické změny škrobu**

Při zrání těsta probíhá hydrolýza škrobu pomocí vlastního enzymového aparátu. Přednostně jsou pomocí amylas napadána poškozená škrobová zrna, kdy probíhá částečná hydrolýza  $\alpha$ -amylasou (1,4- $\alpha$ -D-glukanglukanohydrolasa) a  $\beta$ -amylasou (1,4- $\alpha$ -D-glukanmaltohydrolasa) na maltózu, která je enzymem maltasou ( $\alpha$ -glukosidasa) hydrolyzována až na glukózu.  $\alpha$ -amylasa (endoglykosidasa) náhodně atakuje  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) glykosidové vazby amylózy na libovolném místě za vzniku glukózy, maltózy a výšemolekulárních celků tzv. dextrinů a označuje se za dextrinogenní enzym. Exoglykosidasa  $\beta$ -amylasa hydrolyzuje  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) glykosidové vazby amylózy od neredukujícího konce za vzniku maltózy, tedy se označuje jako sacharogenní enzym.

Amylopektin je hydrolyzován oběma enzymy, ale pouze z 50-60 %, neboť ve vzdálenosti 2-3 glukózových jednotek od místa větvení  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) štěpení neprobíhá a vznikají tzv. limitní dextriny. Limitní dextriny jsou dále postupně hydrolyzovány pullulanasou (1,6-amyloglykosidasa) a produkty dále štěpeny amylasami. [11]

Zrání těsta je s ohledem na velikost a zařízení pekárny situováno buď přímo v dížích, kde bylo vyhněteno, ve zracích koších umístěných nad dělicími stroji, či na zracích pásech v případě kontinuálního způsobu výroby. [21]



*Obrázek 14: Zrací koš [23]*

#### **2. 1. 5. Dělení a tvarování**

Vyzrálé chlebové těsto je potřeba rozdělit na kusy požadované hmotnosti tzv. klonky. Při nastavení požadované hmotnosti kusu je třeba brát v potaz ztráty pečením tzv. výpek (10-18 %) a ztráty vysycháním do 24 h po upečení (1-3 %). Hmotnost děleného kusu musí být tedy vyšší. V pekárnách se při diskontinuálním způsobu výroby dělení realizuje ručně, kdy se těsto v místě oddělení nejprve shora i zespoda popráší moukou, oddělí se pracovníkem a položí se na pomoučněnou váhu, kde je dováženo na požadovanou hmotnost. Poté je těsto odloženo na stůl a dále tvarováno. V kontinuálních provozech se používá výhradně dělicích strojů, které těsto dělí na základě objemu. Těsto natlačeno do prostoru o nastaveném objemu a poté odděleno. [21]

Při dělení chlebového těsta o větší hmotnosti je těsto posunováno podávacími válci do zúžené trubice. Periodicky se současně vysunuje šoupátko a otvírá nůž na výstupním otvoru. Válec se šoupátkem se pootáčí a vytlačuje těsto z výstupního otvoru, v němž je těsto odříznuto nožem a odpadá na vynášecí pás. [15]



*Obrázek 15: Chlebová dělička [24]*

#### **2. 1. 5. 1. Skulování těsta**

Skulování je specifická operace „stáčení“ chlebových těst do typických bochánků. Nutnost této operace vyplývá z nepravidelného tvaru klonku po odříznutí. Cílem je dosažení celistvého povrchu a rovnoměrného kulovitěho tvaru klonku. Skulování může být prováděno ručně, kdy se těstové kusy 2-4 krát narážejí (překládají, dlaněmi ztužují), aby se vytlačily kvasné plyny a umožnilo se stáčení do tvaru kulatých bochníků. Co se týče strojového skulování, v praxi se využívají 2 typy strojů: pásové a kuželové. Pásové pracují na principu protiběžných pásů s rozdílnou rychlostí, které vzájemně zaujímají tvar „V“. Kuželové skulovací stroje využívají otáčejícího se ocelového kužele, kterým je těsto, umístěné ve spirálovém žlabu, skulováno a ztužováno. [15][21]



*Obrázek 16: Pásový skulovací stroj [25]*

## 2. 1. 6. Kynutí

### 2. 1. 6. 1. Osazování ošatek

Po skulování je třeba klonek sázet do nádob, určených ke kynutí chleba. V zásadě se využívá sázení do slaměných, rákosových, či umělohmotných ošatek zaprášených moukou ručně. Při strojovém sázení se používá osazovacích pásů, kde jsou jednotlivé ošatky připevněné k závěsům kontinuální kynárny. [21]



Obrázek 17: Osazovací pás kontinuální kynárny [26]

### 2. 1. 6. 2. Kynutí

Procesem kynutí se rozumí alkoholová fermentace, tedy kvašení, kdy vzniká oxid uhličitý a ethanol. Hlavním smyslem je narůstání objemu díky produkovanému  $\text{CO}_2$  a regenerace struktury těsta. Kynutí probíhá v prostorách tomu určených tzv. kynárnách při teplotě 32-35 °C a vlhkosti 70-75 % po dobu 40-50 min. Při vyšší teplotě kynárny dochází k nerovnoměrnému kynutí, což se projeví větší pórovitostí středy. Podobně při vyšší relativní vlhkosti začne opětovně bobtnat škrob a těsto se přilepí na ošatky. Naopak při nižší vlhkosti kynárny by mohlo dojít k osychání a okorávání kynoucího kusu. Kynutím může těsto zvětšit svůj objem až o 100 %, ideálně však o 80-90 %.

V případě diskontinuální výroby v menších pekárnách se používá tzv. periodických (boxových) kynáren, kde kynutí probíhá na plechách, které jsou umístěny v zařízení podobném skříní. Při kontinuálním způsobu výroby se využívá kontinuálních kynáren ať už pásových nebo závěsových, kde výrobek kyne v ošátkách připevněných k pásu. [15][21]



Obrázek 18: Periodická (boxová) kynárna

## 2. 1. 7. Pečení

Hlavní technologický význam pečení je tvorba typického aromatu a chuti chleba. Upečením se produkt stává stravitelnějším a lze pečení považovat za sterilační krok, kdy výrazně prodlužujeme uchovatelnost z hlediska mikrobiální kontaminace. Pečení lze dělit do následujících fází:

- Zapařování
- Zapékání
- Propékání
- Dopékání

Během zapařování probíhá zvlhčení těsta vstřikováním vodní páry o teplotě 105 °C a přetlaku 20 kPa. Vlivem vlhkosti škrob na povrchu těstového kusu začne nejprve bobtnat a následně, vlivem vysoké teploty mazovatět, čímž vznikne pružná blána, díky níž může těsto nabývat objemu bez narušení povrchu. Zapařování trvá 1-3 minuty.

Po zapařování se teplota pece zvýší na 250-280 °C za účelem zvýšení tlaku kvasných plynů, což se projeví nárůstem objemu pečeného kusu. Tato fáze se nazývá zapékání a obvykle trvá 10-20 minut.

Při propékání se teplota pece sníží na 200-230 °C a je udržována 10-20 minut. V této fázi získá kůrka požadovanou intenzitu zbarvení.

Dopékání probíhá při teplotě 170-190 °C po dobu 15-30 minut. Cílem dopékání je dostatečné propečení celé hmoty výrobku a dosažení požadované tloušťky kůrky. [1][21]

### 2. 1. 7. 1. Chemické a koloidní změny během pečení

V počátku pečení při teplotě do 40 °C ještě stále probíhá fermentace díky přítomným aktivním kvasinkám. Tím pádem objem těstového kusu stále narůstá vlivem vytvářejícího se CO<sub>2</sub>. Při teplotách nad 50 °C ustává činnost kvasinek a ty odumírají. V rozmezí 40-60 °C současně probíhá bobtnání škrobu účinkem amylolytických enzymů a začínají denaturovat bílkoviny těsta. Dalším zvyšováním teploty na 50-70 °C je dosaženo mazovatění škrobu a tím tvorby charakteristické struktury střídy, kde je pro dobrou jakost nutno dosáhnout teploty vyšší než 90 °C. Při teplotě 70-85 °C se inaktivují  $\alpha$ - i  $\beta$ -amylasy, současně s proteolytickými enzymy. Při dalším zvyšování teploty na 110-120 °C probíhá dextrinace škrobu. [15][28]

Významnou reakcí probíhající v těstě při pečení je tzv. Maillardova reakce neboli reakce neenzymového hnědnutí. Během této reakce se z produktů hydrolýzy bílkovin (aminokyselin) a hydrolýzy škrobu (redukující sacharidy – maltóza, glukóza) tvoří důležité aromatické a chuťové látky (aldehydy a jejich deriváty – acetaldehyd, 5-hydroxymethylfurfural, alkoholy – ethanol, propanol), dále pak barviva kůrky (melanoidiny). Vznik produktů Maillardovy reakce probíhá při teplotě 120-150 °C. Ke zbarvení kůrky také přispívá reakce známá jako karamelizace. Jedná se o reakci probíhající při teplotě 150-190 °C, kdy ze sacharidů vznikají amorfní produkty podobné produktům Maillardovy reakce a podílí se na tmavém zbarvení kůrky. [11]



### 2. 1. 7. 2. Pekařské pece

Existuje mnoho druhů pekařských pecí, které se dělí podle několika hledisek. Podle způsobu vytápění na pece s přímým (palivo umístěno přímo v pečném prostoru) a nepřímým vytápěním (palivo umístěno mimo pečný prostor a spaliny prochází okolo).

Pece s přímým způsobem vytápění, mohou být roštové akumulární nebo přímotopné elektrické. U prvně jmenovaných se používá spalování dřeva, u elektrických jsou zdrojem vytápění elektrické odporové topné tyče.

Mezi pece s nepřímým způsobem vytápění patří roštové akumulární pece s nepřímým vytápěním, kde spalování paliva probíhá mimo pečný prostor. Dále parní pec, kde k předávání tepla dochází pomocí tzv. Perkinsových trubek. To je soustava potrubí naplněného vodou, která se po určité době začne vypařovat. V cyklotermické nebo olejometrické peci vznikají spaliny v plynovém nebo olejovém hořáku, procházejí soustavou topných radiátorů a ty vyhřívají pečný prostor.

Pekařské pece lze rozlišovat také dle druhu použitého paliva. Pece na tuhá paliva (dřevo, uhlí, dřevěné pelety, dřevný odpad), kapalná paliva (topný olej), plynná paliva (zemní plyn), či elektrický proud.

Pece se také rozlišují dle způsobu provozu na diskontinuální (periodické) a kontinuální. Mezi prvně jmenované řadíme pece sázecí (etážové), kam se jednotlivé pečené kusy sázejí pomocí lopaty jednotlivě, vozíkové (boxové), kam se umisťují celé plechy s těstovými kusy a pásové se zpětným pohybem pásu (polokontinuální). V případě kontinuální výroby se používá průběžných pásových pecí, kde pečnou plochu představuje nekonečný pás, který prochází celou pecí a sázení je zajištěno automatickým překlopením pásu kynárny. [15][21]



*Obrázek 19: Cyklotermická pásová pec [29]*

### 2. 1. 8. Chladnutí a expedice

Poté, co chléb opustí pec, začíná proces chlazení. Chléb bezprostředně po vytažení z pece dál uvolňuje vlhkost, tedy je nutné jej nechat asi 3-4 hodiny v klidu. Upečený chléb je téměř sterilní a na jeho povrchu se nenacházejí žádné mikroorganismy, tedy i prostory, do kterých je chléb umístěn, musí být sterilní. V diskontinuálních provozech se k chladnutí používá etážových vozíků, či chladnutí přímo v přepravech. Kontinuální provozy využívají spirálových chladicích věží, kde je chléb umístěn na drátěných pásech, které se otáčejí. Po vychladnutí chleba na požadovanou teplotu je buď přímo expedován, nebo v některých případech pokračuje na krájecí a balicí linku podle požadavků provozu. [15][21]



*Obrázek 20: Spirálový chladicí dopravník [30]*



## 2. 2. Charakteristika semen olejnin nejčastěji používaných při pečení chleba

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly 2.1. lze pro zatraktivnění, vylepšení chuťových vlastností, či zvýšení obsahu tuku nebo vlákniny ve výrobku, použít například semena olejnin, která se přidávají buď rovnou do pekařské směsi, nebo se sypou na povrch. V následující části se budeme zabývat charakterizací semen Lnu setého, Sezamu indického a Slunečnice roční.

### 2. 2. 1. Len setý

Len setý (*Linum usitatissimum* L.) je rostlina využívána především k technickým účelům v mnoha odvětvích průmyslu. Existují 2 druhy pěstovaného lnu v závislosti na účelu použití: pro získání oleje (lněná semena), pro získání vlákniny (textilní průmysl – vlastnosti podobné bavlně). Rostlina lnu setého je jednoletá 110-120 cm vysoká pěstovaná především v Indii, ale také v Kanadě, Belgii, nebo Číně. Semena lnu dosahují v průměru 4-6 mm délky a 2,5-4 mm šířky s hmotností tisíce semen 4-13 g a jsou zbarvena do tmavě hněda. Dnes se mimo technické využití dostává len do popředí také v potravinářství, kdy je lněný olej považován za náhradu rybího tuku. Lněná semena obsahují 38-44 % oleje, kde převažuje obsah nenasycených mastných kyselin, zejména kyselina linolenová 35-65 % (obsah všech mastných kyselin lněného oleje nalezneme v Tabulce č. 6).

Tabulka 6: Zastoupení mastných kyselin ve lněném oleji [11]

Mastná kyselina	Obsah [% z celkového obsahu MK]
palmitová C16:0	4-7
stearová C18:0	2-5
olejová C18:1	12-34
linolová C18:2	7-27
linolenová C18:3	35-65

Díky vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin (označovaných jako omega-3 a 6) je lněný olej používán jako prevence proti kardiovaskulárním chorobám jako je koronární onemocnění srdce, či mozková mrtvice a byly zaznamenány protizánětlivé účinky při rakovině. Z nepotravinářských využití se lněný olej používá jako mazadlo, či jako přísada do barev.

Lněné semeno obsahuje vedle oleje asi 20-35 % bílkovin, které jsou až z 50 % tvořeny globuliny. Dále obsahuje v menším množství lignany a nerozpustnou vlákninu. [31][32]

### 2. 2. 2. Sezam indický

Sezam indický (*Sesamum indicum* L.) patří k nejvýznamnějším a nejdéle pěstovaným olejninám na světě. Na rozdíl od lnu se sezam pěstuje výhradně pro získání oleje a bílkovin. Sezamový olej nachází využití v medicíně, farmacii, zemědělství (příměs insekticidů), ale také potravinářství při pečení (celá sezamová semena – syrová nebo pražená), či smažení a dochucování. K největším producentům sezamu patří Indie, Čína, Súdán a Barma. Rostlina sezamu indického dorůstá výšky 1-2 metrů a svá semena má ukryta ve 2-3 cm tobolkách v osmi řadách. [33][34]

Sezamová semena obsahují 50-60 % oleje (především kyselina olejová a linolová – zastoupení mastných kyselin uvádí Tabulka 7), 18-25 % bílkovin a 12-15 % sacharidů. Výborná kvalita sezamového oleje je dána přítomností sesamolu, sesamolinu a sesaminu, což jsou polyaromatické látky vyznačující se antioxidační aktivitou, tedy oleji zajišťují, společně s tokoferoly, oxidační stabilitu. Sezamová semena obsahují taky značný podíl minerálů, především draslík, fosfor, hořčík, vápník a sodík (obsah minerálních látek zobrazuje Tabulka 8).

*Tabulka 7: Zastoupení mastných kyselin v sezamovém oleji [11]*

<b>Mastná kyselina</b>	<b>Obsah [% z celkového obsahu MK]</b>
myristová C14:0	0,0-0,1
palmitová C16:0	7,9-10,2
palmitolejová C16:1	0,1-0,2
stearová C18:0	3,5-6,1
olejová C18:1	35-50
linolová C18:2	35-50
linolenová C18:3	0,3-0,4
arachidová C20:4	0,3-0,6

*Tabulka 8: Množství minerálů obsažených ve 100 g sezamových semen [35]*

<b>Prvek</b>	<b>Obsah [mg/100g semen]</b>
Sodík	122-126
Draslík	851-854
Vápník	418-418
Hořčík	579-580
Fosfor	647-650

### 2. 2. 3. Slunečnice roční

Slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.) je rostlina pěstovaná především pro získání rostlinného oleje. Patří k hlavním zdrojům rostlinného oleje na světě (vedle sóji luštěnaté a řepky olejné), po sóji se udává jako druhá nejčastěji pěstovaná plodina pro získání oleje. Hlavními producenty slunečnice jsou Ukrajina, Rusko a Argentina, mezi další země kultivující slunečnici patří Rumunsko, Bulharsko, Francie, USA a Čína. [36][37]

Semena slunečnice roční dosahují velikosti 8,9-9,5 mm na délku a 3,9-5,1 mm na šířku, obsahují 39-49 % oleje (obsahující zejména kyselinu olejovou a linolovou), 24-28 % bílkovin a významný podíl minerálů (vápník, železo, zinek, mangan a selen). Významný je také obsah fenolických látek, kde semena obsahují například kyselinu chlorogenovou, či rutin, které tvoří nejen chuťový profil extrahovaného oleje, ale také mají antioxidační, protizánětlivé, antibakteriální účinky, či fungují jako prevence proti onemocnění srdce a cév (v součinnosti s obsahem nenasyceným mastných kyselin). Slunečnicový olej je nejčastěji využíván v potravinářství, díky své oxidační stabilitě, zejména na smažení a dále například v kosmetice. Tabulka 9 zobrazuje zastoupení mastných kyselin ve slunečnicovém oleji. [36][38]

*Tabulka. 9: Zastoupení mastných kyselin ve slunečnicovém oleji [11]*

<b>Mastná kyselina</b>	<b>Obsah [% z celkového obsahu MK]</b>
palmitová C16:0	3-5
palmitolejová C16:1	0,0-0,2
stearová C18:0	3,5
olejová C18:1	70-87
linolová C18:2	3-20
linolenová C18:3	0,0

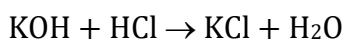
## 2. 3. Význam a stanovení tukových čísel

Výrazem lipidy se v analytické chemii rozumí všechny látky, které se extrahují lipofilními rozpouštědly. Strukturně se jedná o různorodou skupinu, kam patří např. acylglyceroly (mono-, di-, tri-) neboli tuky, vosky, složené lipidy (fosfo, glyko), lipoproteiny, mastné kyseliny aj. Mezi běžně používané analytické metody kvantitativní analýzy tuků ve vzorcích se používá tzv. tukových čísel (charakteristik). Ve své podstatě se jedná o volumetrické stanovení, kde je vzorek rozpouštěn v přebytku lipofilního rozpouštědla a ten je pak titračně stanoven. Pro účel této bakalářské práce bylo využito následujících tukových čísel: Číslo zmýdelnění, Číslo kyselosti, Esterové číslo, Jodové číslo a Peroxidové číslo. [39]

### 2. 3. 1. Číslo zmýdelnění

Číslo zmýdelnění vyjadřuje množství volných a esterově vázaných mastných kyselin v tuku, což je vyjádřeno hmotnosti KOH (mg) potřebných na neutralizaci mastných kyselin v 1 g tuku. Při této analýze se navážka tuku zmýdelňuje (alkalická hydrolýza esterů – mastných kyselin) alkoholickým roztokem hydroxidu draselného varem. Přebytek KOH je stanoven odměrným roztokem HCl na indikátor fenolftalein. [39][40]

Stanovení je charakterizováno rovnicí:



Výpočet čísla zmýdelnění:

$$n_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} \quad (1)$$

$$\frac{m_{\text{KOH}}}{M_{\text{KOH}}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \quad (2)$$

$$V_{\text{HCl}} = V_{\text{HCl}}(\text{slepý pokus}) - V_{\text{HCl}}(\text{vzorek}) \quad (3)$$

$$m_{\text{KOH}} = c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{KOH}} \quad (4)$$

Přepočet na navážku vzorku:

$$\check{C}_z(m_{\text{KOH}}) = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{tuk}}} \quad (5)$$

### 2. 3. 2. Číslo kyselosti

Číslo kyselosti vyjadřuje množství volných mastných kyselin v tuku a je udáváno jako hmotnost KOH (mg) potřebná k neutralizaci volných mastných kyselin v 1 g tuku. Při stanovení se vzorek tuku rozpustí za horka v ethanolu a je titrován odměrným roztokem KOH (alkoholický) na indikátor fenolftalein. [40]

Výpočet čísla kyselosti:

$$n_{\text{KOH}} = n_{\text{KOH}} \quad (6)$$

$$\frac{m_{\text{KOH}}}{M_{\text{KOH}}} = c_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} \quad (7)$$

$$V_{\text{KOH}} = V_{\text{KOH}}(\text{vzorek}) - V_{\text{KOH}}(\text{slepý pokus}) \quad (8)$$

$$m_{\text{KOH}} = c_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} \cdot M_{\text{KOH}} \quad (9)$$

Přepočet na navážku vzorku:

$$\check{C}_k(m_{\text{KOH}}) = \frac{c_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} \cdot M_{\text{KOH}}}{m_{\text{tuk}}} \quad (10)$$

### 2. 3. 3. Esterové číslo

Esterové číslo vyjadřuje množství esterově vázaných mastných kyselin v tuku. Analýza u této charakteristiky není prováděna, protože esterové číslo je zjištěno z rozdílu hodnot čísla zmýdelnění a čísla kyselosti. Z vypočteného esterového čísla lze zjistit také procentuální obsah glycerolu vázaného v tuku.

Výpočet esterového čísla:

$$\check{C}_e = \check{C}_z - \check{C}_k \quad (11)$$

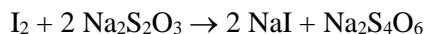
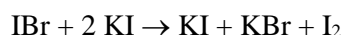
Výpočet % glycerolu:

$$\% \text{ glycerolu} = 0,0547 \cdot \check{C}_e \quad (12)$$

### 2. 3. 4. Jodové číslo

Jodové číslo slouží ke stanovení celkového obsahu dvojných vazeb v tuku, tedy míry nenасыcenosti a čistoty tuku. Jodové číslo je vyjádřeno jako hmotnost jodu, který se aduje na 100 g tuku, kde vzorek tuku je rozpuštěn v chloroformu, přidán jodmonobromid a nezreagovaná IBr je po přidavku jodidu draselného zpětně stanoven odměrným roztokem thiosíranu sodného na indikátor škrobový maz. [39][40]

Stanovení je charakterizováno rovnicí:



Výpočet jodového čísla:

$$n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \quad (13)$$

$$n_{\text{I}_2} (\text{celkové látkové množství}) = \frac{c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2}, \quad (14)$$

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  udává spotřebu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na slepý pokus.

$$n_{\text{I}_2} (\text{látkové množství vzorku}) = \frac{c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2}, \quad (15)$$

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  udává spotřebu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na titraci vzorku.

$$n = n_{\text{I}_2} (\text{celkové}) - n_{\text{I}_2} (\text{vzorek}) \quad (16)$$

$$m_{\text{I}_2} = n \cdot M_{\text{I}_2} \quad (17)$$

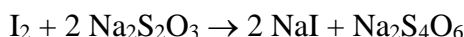
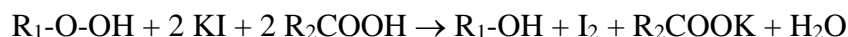
Přepočet na navážku a 100 g vzorku:

$$\check{C}_j = \frac{m_{\text{I}_2}}{m_{\text{tuk}}} \cdot 100 \quad (18)$$

### 2. 3. 5. Peroxidové číslo

Peroxidové číslo vyjadřuje míru oxidace tuku, tedy množství peroxidicky vázaného kyslíku ( $\mu\text{g}$ ) v 1 g tuku. Tukové peroxidy jsou schopny oxidovat jodid na jod a ten je posléze stanoven odměrným roztokem thiosíranu sodného na indikátor škrobový maz. [39]

Stanovení je charakterizováno rovnicí:



Výpočet peroxidového čísla:

$$n_{(-\text{O}-\text{O})} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \quad (19)$$

$$n_{(-\text{O}-\text{O})} (\text{celkové látkové množství}) = \frac{c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2} \quad (20)$$

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  udává spotřebu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na slepý pokus.

$$n_{(-\text{O}-\text{O})} (\text{látkové množství peroxidicky vázaného kyslíku vzorku}) = \frac{c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2} \quad (21)$$

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  udává spotřebu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  na titraci vzorku.

$$n = n_{(-\text{O}-\text{O}-)} (\text{vzorek}) - n_{(-\text{O}-\text{O}-)} (\text{celkové}) \quad (22)$$

$$m_{(-\text{O}-\text{O}-)} = n \cdot M_{\text{O}_2} \quad (23)$$

Přepočet na navážku a převedení na  $\mu\text{g}$ :

$$\check{c}_p = \frac{m_{(-\text{O}-\text{O}-)}}{m_{\text{tuk}}} \cdot 10^6 \quad (24)$$

### 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### 3.1. Chemikálie

- Roztok KOH v ethanolu ( $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )
- Roztok KOH v ethanolu ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )
- HCl ( $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )
- 1% fenolftalein
- 96% ethanol
- Chloroform
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )
- 10% KI
- Nasycený roztok KI
- 2% škrobový maz
- Roztok IBr (jodmonobromid)
- Směs koncentrované kyseliny octové : chloroformu (3 : 2)

#### 3.2. Přístroje a pomůcky

- Lis oleje YODA 02 (model: YDZY02A)
- Analytické váhy
- Topné hnízdo
- Elektrický vařič
- Domácí pekárna ETA Duplica Vital
- Elektrická trouba De Longhi (model: DO32852)
- Destilační baňka 250 ml
- Kádinka 50 ml
- Zpětný chladič
- Byreta 25 ml
- Pipeta 1 a 25 ml
- Titrační baňka 250 ml
- Odměrný válec 10, 25 a 100 ml
- Erlenmayerovy baňky se zátkami 250 ml
- Nálevka
- Filtrační papír o velikosti pórů 20-25  $\mu\text{m}$

#### 3.3. Lisování olejů

Východním materiálem pro stanovení tukových čísel byla semena olejin, z nichž bylo potřeba nějakým způsobem extrahovat olej. Pro tento účel bylo zvoleno lisování za studena pomocí přístroje Lisu olejů YODA modelu YDZY02A zobrazeného na Obrázku 21. Lisování oleje zde probíhá prostřednictvím otáčení šnekového lisu umístěného uvnitř kovové konstrukce, do kterého se shora dostávají semena olejin a mechanickým lisováním kovovými částmi lisu je olej vylišován a sbírán do umělohmotné sběrné nádoby opatřené cedítkem, určeným

k zachycení hrubých nečistot. Pro lisování určitého typu semen lze zvolit příslušný program, který upraví délku doby lisování vzhledem k pevnosti obalových vrstev typu semene.



*Obrázek 21: Lis olejů YODA*

Vylisovaný surový olej nebyl podroben žádné chemické úpravě, tedy bylo nutno jej alespoň přefiltrovat za atmosférického tlaku přes filtr o velikosti pórů 20-25  $\mu\text{m}$  (odpovídající filtru pro kvantitativní analýzu velmi vysoké rychlosti filtrace). Přefiltrovaný olej již mohl být dále analyzován.

### **3. 3. 1. Identifikace vzorků**

V první části experimentální části byly použity již hotové oleje za studena lisované zakoupené v místním obchodě se zdravými potravinami (lněný olej, sezamový olej, slunečnicový olej). Pro další části práce byla v téže obchodě zakoupena celá semena olejnin (len setý, sezam indický, slunečnice roční), ze kterých byl následně lisován olej dle kapitoly 2.3.

### **3. 4. Operace se vzorky**

V případě hotových olejů nebyla provedena žádná další úprava a oleje byly rovnou zanalyzovány.

Semena olejnin byla použita nejprve v původním čerstvém stavu k vylisování surových olejů a zanalyzování.

V další části experimentu bylo 150 g semen vystaveno teplotě 220 °C ve stolní troubě De Longhi po dobu 15 minut z důvodu simulace pečení semen při výrobě chleba. Pro analýzu semen ve vrstvě chleba bylo potřeba upéct chléb z chlebové směsi (zakoupené v místním supermarketu). K přípravě chlebového těsta bylo použito 988 g chlebové směsi (převážně pšeničná mouka), 12 g sušeného droždí a 760 ml vody. Vyhnětení těsta a následné kynutí bylo provedeno v domácí pekárně značky ETA za použití programu KNEAD po dobu 1 hodiny a 15 minut. Polovina vyhněteného těsta byla rozprostřena na plech a na tuto vrstvu vsypáno 200 g semen. Semena byla přikryta druhou polovinou těsta a vložena do elektrické trouby De Longhi. Pečení chleba probíhalo 45 min při teplotě 190 °C podle deklarace výrobce chlebové směsi. Hotový chléb byl ponechán k vychladnutí, v polovině rozříznut, semena



vypreparována mimo chléb a vložena do exikátoru k vysušení. Při pečení chleba byla sledována teplota uvnitř (v prostředí semen) pomocí teplotní sondy TESTO AG (model: 176 T4).

### 3. 5. Stanovení tukových čísel

Na všechny druhy stanovení bylo navažováno 1 g vzorku oleje do malé kádinky a kvantitativně převáděno pomocí lipofilního rozpouštědla.

#### 3. 5. 1. Číslo zmýdelnění

Navážka vzorku byla kvantitativně převedena pomocí 25 ml ethanolického roztoku KOH ( $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) do 250 ml destilační baňky. Do destilační baňky bylo přidáno pár kousků pemzy a zmýdelňováno pod zpětným chladičem na topném hnízdě po dobu 30 minut. Čirý zmýdelněný roztok byl za horka titrován roztokem HCl ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) do odbarvení na indikátor fenolftalein. Zmýdelnění bylo provedeno také s čistým ethanolickým roztokem KOH pro zjištění spotřeby HCl na slepý pokus.

#### 3. 5. 2. Číslo kyselosti

Vzorek byl pomocí 100 ml 96% ethanolu převeden do titrační baňky. Pomocí zahřátí směsi k varu na elektrickém vařiči byl vzorek oleje v ethanolu rozpuštěn a za horka titrován ethanolickým roztokem KOH ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) do prvního růžového zbarvení stálého 30 s na indikátor fenolftalein. Stanovení bylo provedeno také bez vzorku oleje, kvůli zjištění spotřeby KOH na slepý pokus.

#### 3. 5. 3. Jodové číslo

Navážka vzorku oleje byla kvantitativně převedena pomocí 10 ml chloroformu do 250 ml zábrusové Erlenmayerovy baňky. Dále bylo přidáno 25 ml roztoku jodobromidu a uzavřeno zátkou, ovlhčenou v 10% roztoku KI. Směs v Erlenmayerově baňce se nechala hodinu stát na místě bez přístupu světla s občasným promícháním. Po hodině byl stříčkou ze zátky opláchnut vzniklý jod, přidáno 10 ml 10% roztoku KI a po minutě ještě 100 ml destilované vody. Po promíchání se směs titrovala odměrným roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Při dosažení oranžovo-žlutého zbarvení bylo přidáno 3 ml škrobového mazu, kdy roztok zčernal a při další titraci thiosíranem se vodná fáze odbarvila a chloroformová byla zbarvena nažloutle. Totožný postup byl proveden paralelně bez navážky oleje pro získání spotřeby odměrného roztoku thiosíranu na slepý pokus.

#### 3. 5. 4. Peroxidové číslo

Vzorek oleje v kádince byl kvantitativně převeden pomocí 50 ml směsi kyseliny octové s chloroformem (poměr 3:2) do zábrusové 250 ml Erlenmayerovy baňky a přidán 1 ml nasyceného roztoku KI. Směs byla promíchána jemným kroužením a ponechána 20 minut na místě bez přístupu světla. Po 20-ti minutách bylo přidáno 100 ml destilované vody, baňka intenzivně protřepána a titrována odměrným roztokem  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) nejprve do žlutého zbarvení, poté přidáno 1 ml škrobového mazu a titrováno do odbarvení vodné fáze a nažloutlého zbarvení chloroformové fáze. Postup stanovení byl opakován bez vzorku oleje kvůli zjištění spotřeby thiosíranu na slepý pokus.

## 4. VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkově bylo analyzováno 10 vzorků olejů pokaždé v jiné fázi předúpravy. Nejprve byly analyzovány vzorky hotových kupovaných olejů lněného, sezamového a slunečnicového. Následovaly analýzy olejů vylisovaných z čerstvých semen lněných, sezamových a slunečnicových). Nakonec byla provedena analýza olejů vylisovaných ze semen, která byla pečená ve vrstvě uvnitř chlebu. Současně bylo provedeno zahřívání (pečení) samostatných semen a analyzován vzorek oleje takto upravených semen.

Nejprve jsou uvedeny výsledky analýzy v jednotlivých fázích úpravy vzorků a porovnány mezi sebou v rámci této fáze, následně jsou porovnány výsledky jednotlivých tukových čísel fází mezi sebou a zhodnocena míra změny.

Stanovení tukových čísel studovaných olejů bylo provedeno vždy 2krát se stejným vzorkem a průměrná hodnota byla porovnána se vzorky ostatních druhů olejů (jednotlivé hodnoty tukových čísel jsou uvedeny v příloze včetně odchylky).

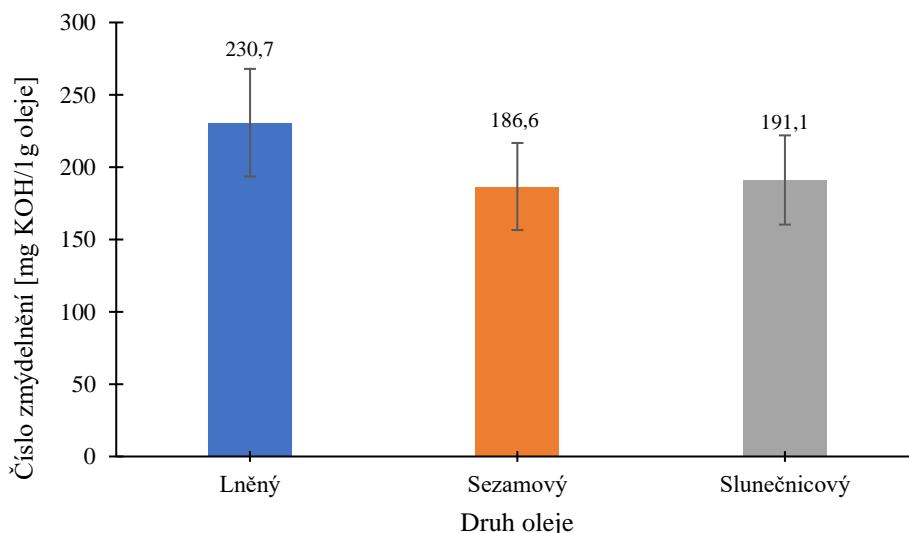
### 4.1. Analýza kupovaných olejů

#### Číslo zmydlnění

Všechna čísla zmydlnění v této práci byla provedena podle postupu uvedeného v kapitole 3.5.1.

Hodnota čísla zmydlnění lněného oleje byla 230,7 mg KOH, sezamového oleje 186,6 mg KOH a slunečnicového oleje 191,1 mg KOH potřebného na 1 g oleje, což znamená, že kupovaný lněný olej obsahoval největší množství volných a esterově vázaných mastných kyselin z vybraných olejů.

Hodnoty čísla zmydlnění byly vypočteny podle rovnice (1-5).



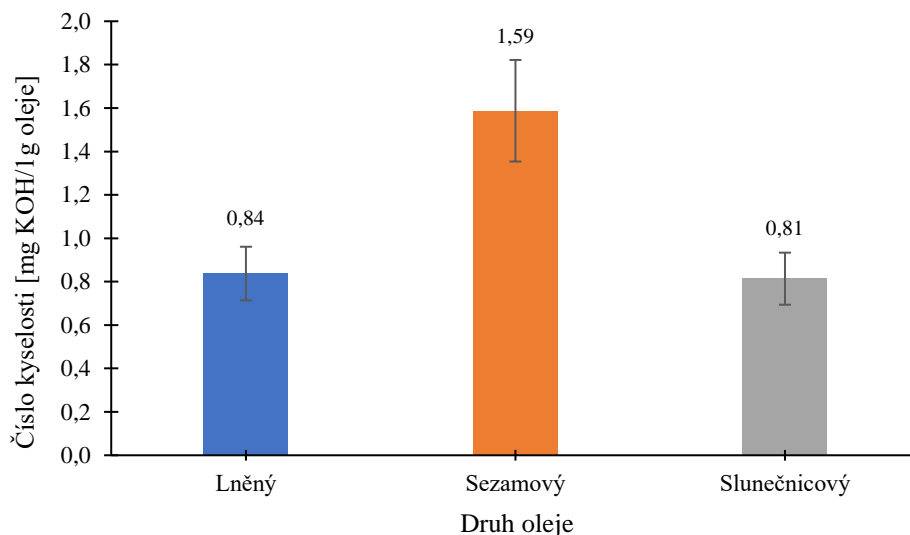
Obrázek 22: Grafické porovnání čísla zmydlnění vzorků kupovaných olejů

## Číslo kyselosti

Všechna čísla kyselosti v této práci byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 3.5.2.

Hodnota čísla kyselosti lněného oleje byla 0,84 mg KOH, sezamového 1,59 mg KOH a slunečnicového 0,81 mg KOH na neutralizaci 1 g oleje. Z výsledků čísla kyselosti je zřejmé, že sezamový olej obsahoval největší množství volných mastných kyselin z vybraných olejů.

Hodnoty čísla kyselosti byly vypočítány podle rovnice (6-10).



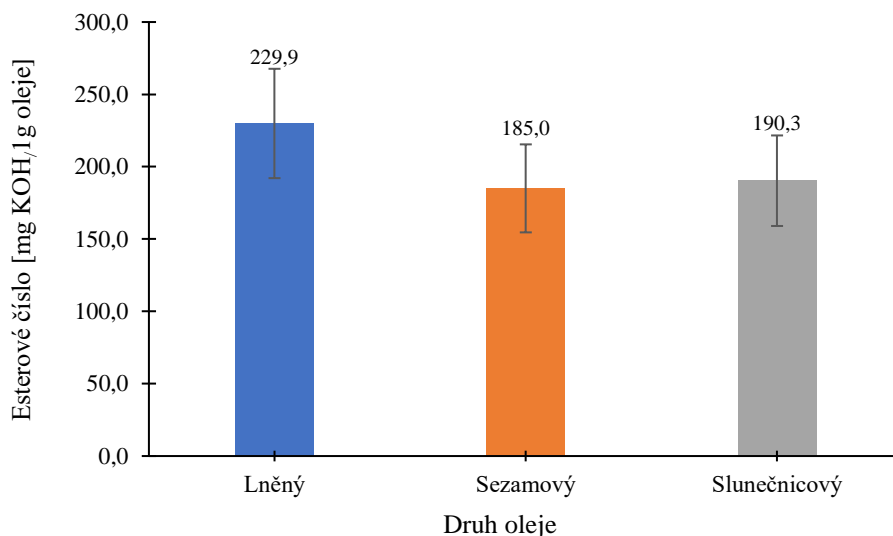
Obrázek 23: Grafické porovnání čísla kyselosti kupovaných olejů

## Esterové číslo

Všechna esterová čísla v této práci byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 3.5.3.

U vzorků kupovaných olejů bylo vypočteno esterové číslo, kde u lněného oleje byla zjištěna hodnota 229,9 mg KOH, sezamového oleje 185,0 mg KOH a slunečnicového 190,3 mg KOH potřebného k neutralizaci 1 g oleje. Z výsledků vyplývá, že nejvyšší obsah esterově vázaných mastných kyselin vykazuje lněný olej.

Hodnoty esterové čísla byly vypočteny podle rovnice (11-12).



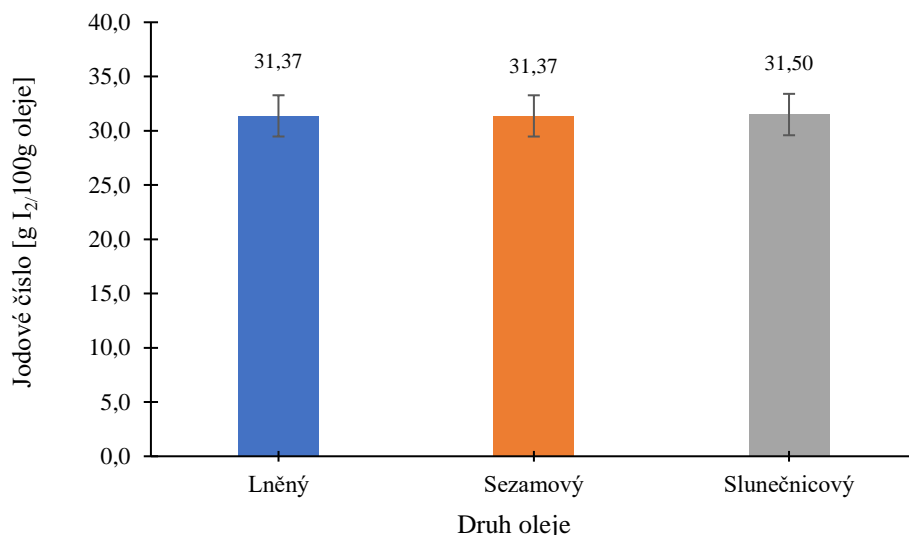
Obrázek 24: Grafické porovnání esterového čísla kupovaných olejů

## Jodové číslo

Všechna jodová čísla v této práci byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 3.5.4.

Jodové číslo všech testovaných vzorků olejů nabývalo podobné hodnoty, konkrétně u lněného oleje odpovídalo 31,37 g I<sub>2</sub>, u sezamového 31,37 g I<sub>2</sub> a u slunečnicového 31,50 g I<sub>2</sub> na 100 g oleje. Podle získaných hodnot nejvyšší míru nenasycenosti (množství nenasycených mastných kyselin) vykazuje slunečnicový olej.

Hodnoty jodového čísla byly vypočteny podle rovnice (13-18).



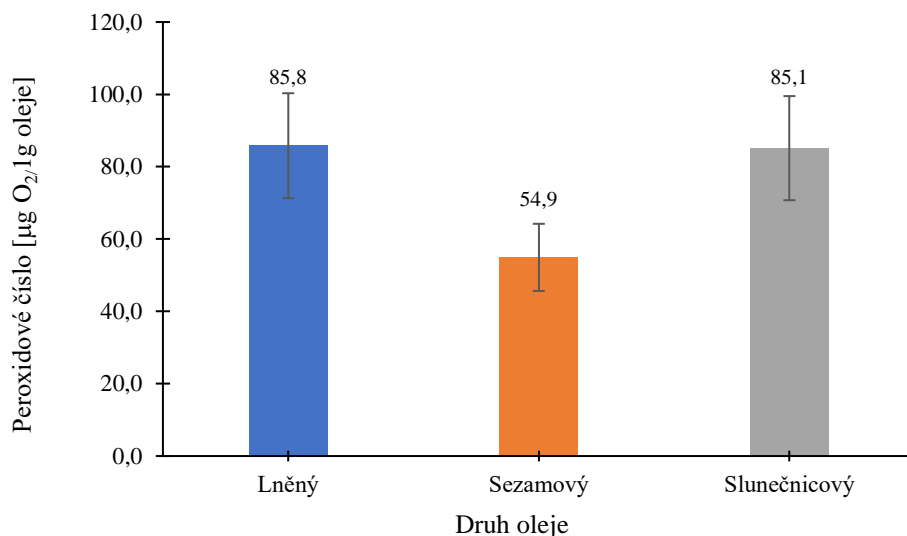
Obrázek 25: Grafické porovnání jodového čísla kupovaných olejů

## Peroxidové číslo

Všechna peroxidová čísla v této práci byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 3.5.5.

Hodnoty peroxidového čísla kupovaných olejů nabývaly hodnot: 85,8 µg O<sub>2</sub> pro lněný olej, 54,9 µg O<sub>2</sub> pro sezamový olej a 85,1 µg O<sub>2</sub> pro slunečnicový olej. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že nejvíce oxidačně stabilní je sezamový olej a naopak nejméně lněný.

Hodnoty byly vypočteny podle rovnice (19-24).



Obrázek 26: Grafické porovnání peroxidového čísla kupovaných olejů

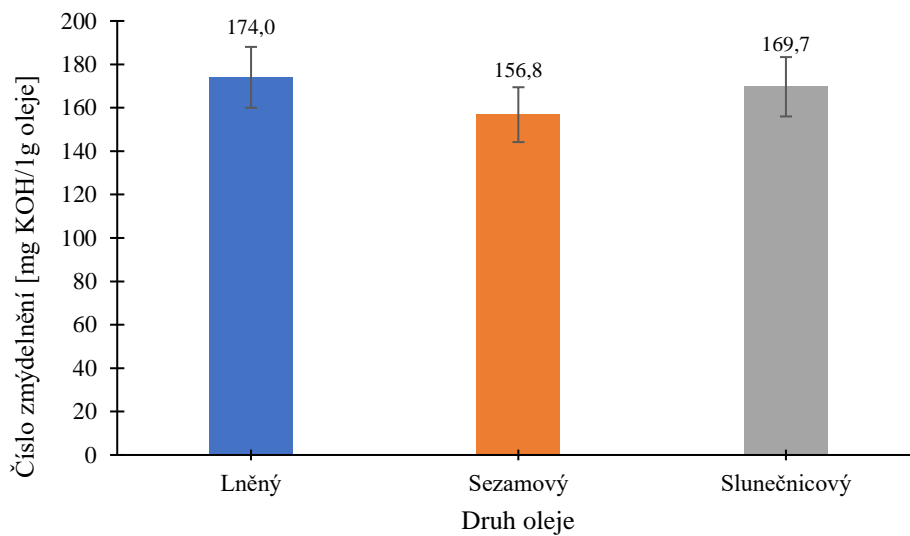
## 4. 2. Analýza olejů lisovaných z čerstvých semen

Zakoupená čerstvá semena byla vylisována postupem uvedeným v kapitole 3.3.

### Číslo zmydlnění

Číslo zmydlnění olejů vylisovaných z čerstvých semen bylo u lněného oleje stanoveno 174,0 mg KOH, u sezamového oleje 156,8 mg KOH a u slunečnicového 169,7 mg KOH na 1 g oleje. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že nejvyšší množství volných a esterově vázaných mastných kyselin obsahuje lněný olej.

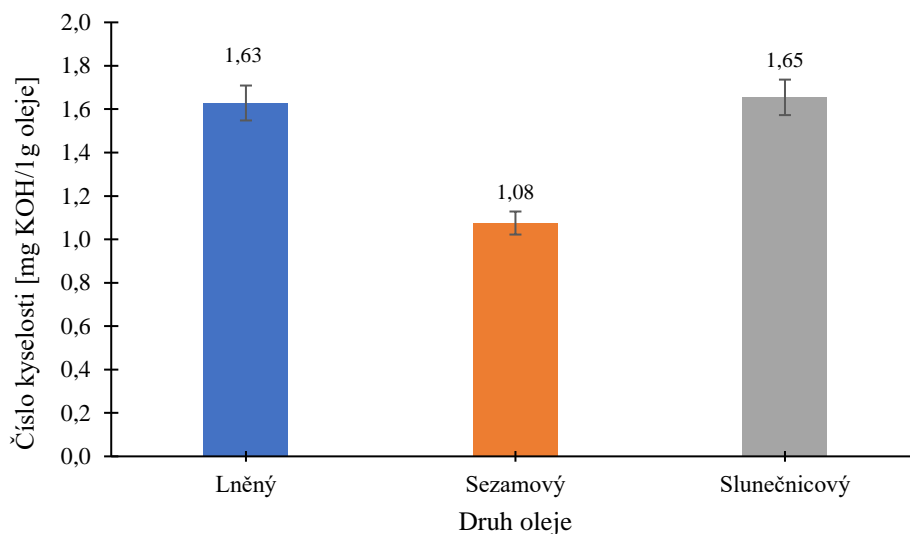
Hodnoty čísla zmydlnění byly vypočteny podle rovnice (1-5).



Obrázek 27: Grafické porovnání čísla zmydlnění olejů z čerstvých semen

### Číslo kyselosti

Číslo kyselosti u olejů vylisovaných z čerstvých semen bylo stanoveno na 1,63 mg KOH lněného, 1,09 mg KOH sezamového a 1,65 mg KOH na 1 g oleje slunečnicového. Z uvedených hodnot je zřejmé, že nejvyšší množství volných mastných kyselin obsahoval slunečnicový olej. Hodnoty čísla kyselosti byly vypočteny podle rovnice (6-10).

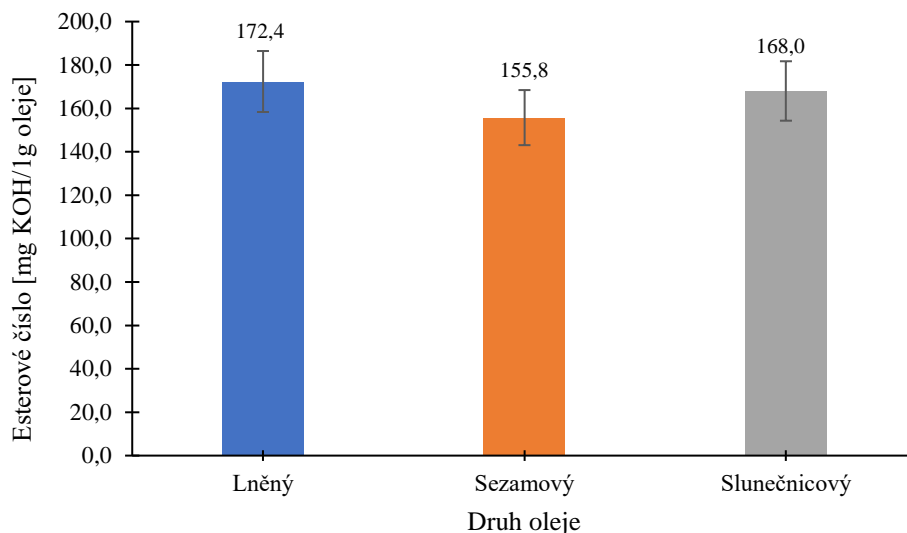


Obrázek 28: Grafické porovnání čísla kyselosti olejů z čerstvých semen

## Esterové číslo

Hodnoty esterového čísla olejů vylisovaných z čerstvých semen nabývaly hodnot: 172,4 mg KOH pro lněný olej, 155,8 mg KOH pro sezamový olej, 168,0 mg KOH na 1 g oleje pro slunečnicový olej. Nejvyšší obsah esterové vázaných mastných kyselin byl tedy zaznamenán u lněného oleje.

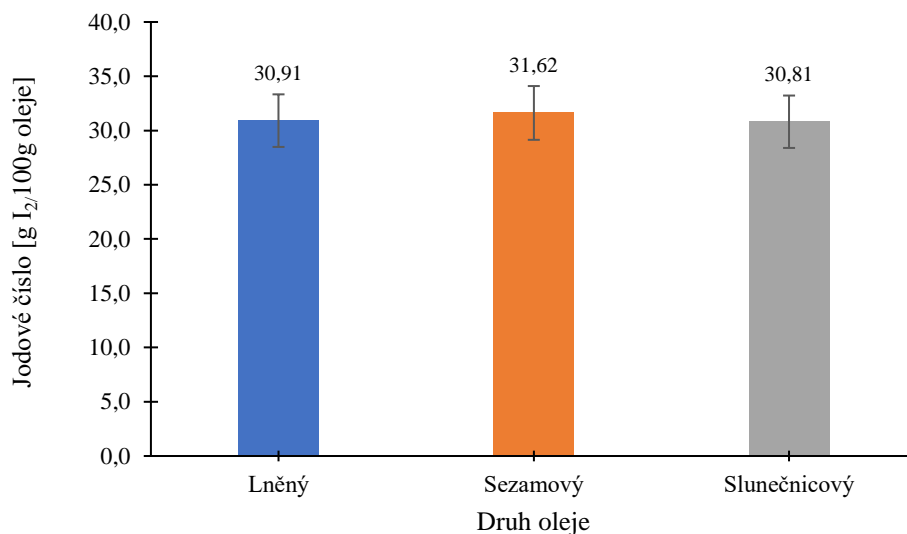
Hodnoty esterového čísla byly vypočteny podle rovnice (11-12).



Obrázek 29: Grafické porovnání esterového čísla olejů z čerstvých semen

## Jodové číslo

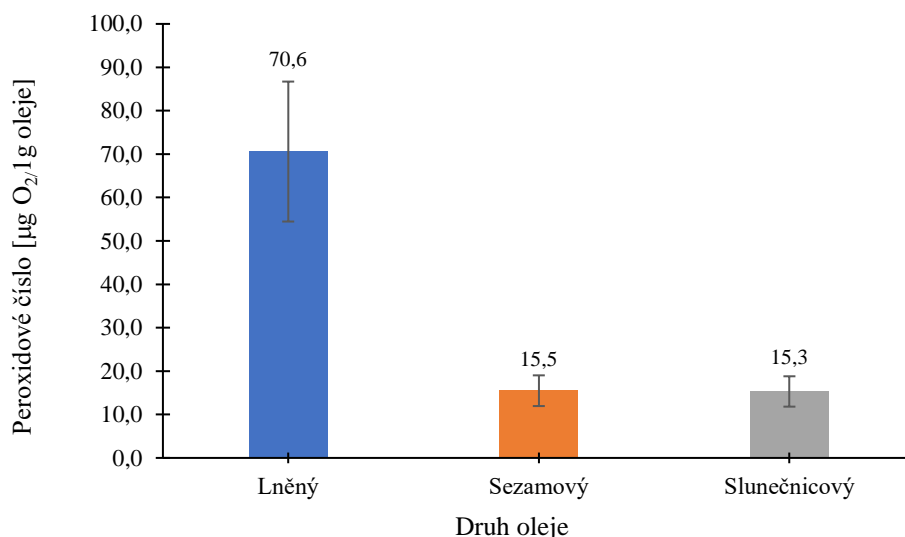
Toto číslo olejů vylisovaných z čerstvých semen bylo pro lněný olej stanoveno 30,91 g I<sub>2</sub>, pro sezamový olej 31,62 g I<sub>2</sub> a pro slunečnicový olej 30,81 g I<sub>2</sub> na 100 g oleje. To znamená, že nejvyšší množství nenasycených mastných kyselin obsahuje sezamový olej. Hodnoty jodového čísla byly vypočítány podle rovnic (13-18).



Obrázek 30: Grafické porovnání jodového čísla olejů z čerstvých semen

## Peroxidové číslo

Hodnoty peroxidového čísla olejů vylisovaných z čerstvých semen byly stanoveny 70,6  $\mu\text{g O}_2$  pro lněný olej, 15,5  $\mu\text{g O}_2$  pro sezamový olej a 15,3  $\mu\text{g O}_2$  na 1 g oleje pro slunečnicový olej. Podle zjištěných hodnot je zřejmé, že nejvíce oxidačně stabilní byl slunečnicový olej a nejméně olej lněný. Hodnoty peroxidového čísla byly vypočteny podle rovnice (19-24).



Obrázek 31: Grafické porovnání peroxidového čísla olejů z čerstvých semen

### 4. 3. Analýza olejů vylisovaných z pečených semen

Pečení semen na plechu je popsáno v kapitole 3.4.

V této fázi úpravy semen bylo z vylisovaného oleje kontrolně stanoveno pouze číslo zmýdelnění a číslo kyselosti, a to jen u sezamových semen, která při pečení popraskala „explodovala“ a částečně se i spálila. Z uvedeného důvodu nebylo pečení semen na plechu provedeno u dalších vzorků semen.

Hodnota čísla zmýdelnění byla stanovena 171,08 mg KOH na 1 g oleje a čísla kyselosti 1,92 mg KOH na 1 g oleje. Z výsledků vyplývá, že olej vylisovaný z volně pečených semen je částečně žluklý (srovnáváno s tukovými čísly analýzy olejů vylisovaných z čerstvých semen).

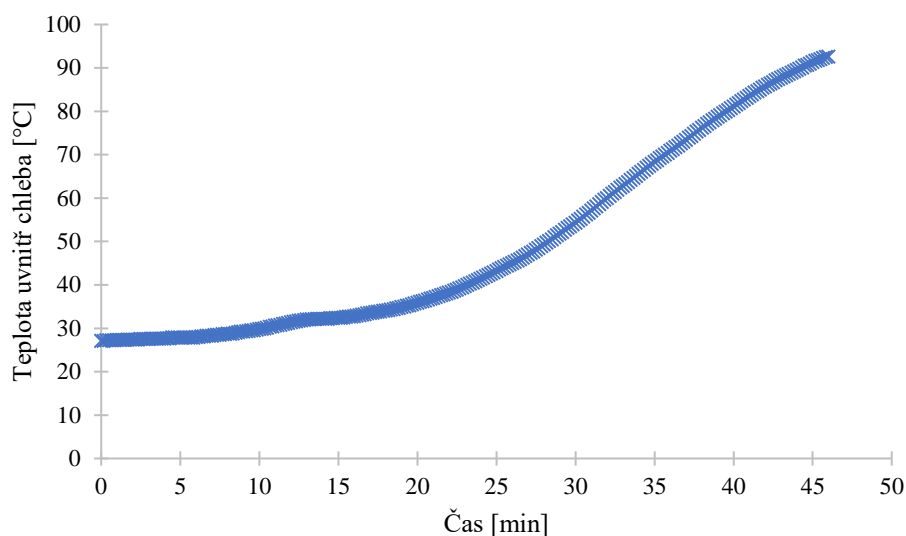
### 4. 4. Analýza olejů vylisovaných ze semen pečených ve vrstvě chleba

Přesný postup pečení olejninových semen ve vrstvě chleba je uveden také v kapitole 3.4.

Aby byla zjištěna teplota, které budou semena vystavena během pečení, byla použita záznamová teplotní sonda. Ta byla zapíchnuta do pečeného chleba tak, aby její měřicí část zasahovala do prostoru, kde byla umístěna semena. Maximální dosažená teplota byla 92,6 °C.

Postupné zvyšování teploty uvnitř chleba znázorňuje Obrázek 32.

Důvod, proč lze semena v chlebovém těstě bez problémů upéct je zřejmě hlavně vlhkost těsta, která zabrání přílišnému upečení, ale také nižší teplota uvnitř chleba z důvodu tvorby jakési vnější izolace semen chlebovým těstem.

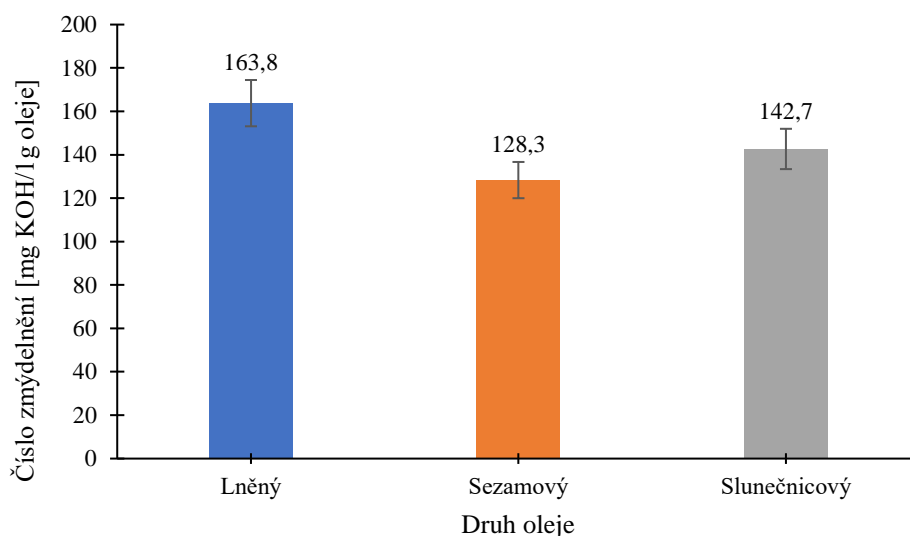


Obrázek 32: Teplotní profil uvnitř chleba při pečení

### Číslo zmýdelnění

Číslo zmýdelnění u vzorků olejů lisovaných ze semen pečených ve vrstvě chleba bylo stanoveno 163,8 mg KOH u lněného oleje, 128,3 mg KOH u sezamového oleje a 142,7 mg KOH na 1 g oleje u slunečnicového. Z výsledků plyne, že největší obsah volných i esterově vázaných mastných kyselin po upečení semen vykazuje lněný olej.

Hodnoty čísla zmýdelnění byly vypočteny podle rovnice (1-5).



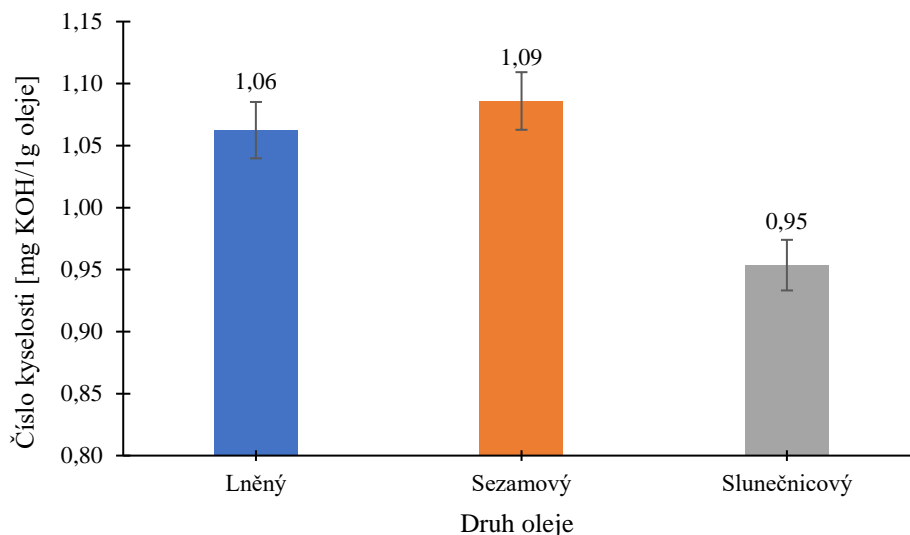
Obrázek 33: Grafické porovnání čísla zmýdelnění olejů ze semen pečených v chlebu



## Číslo kyselosti

Číslo kyselosti olejů vylisovaných ze semen pečených ve vrstvě chleba nabývaly hodnot pro lněný olej 1,06 mg KOH, pro sezamový olej 1,09 mg KOH a pro slunečnicový olej 0,95 mg KOH na 1 g oleje. Ze získaných hodnot plyne, že nejvyšší množství volných mastných kyselin po upečení semen obsahoval sezamový olej.

Hodnoty čísla kyselosti byly vypočteny podle rovnice (6-10).

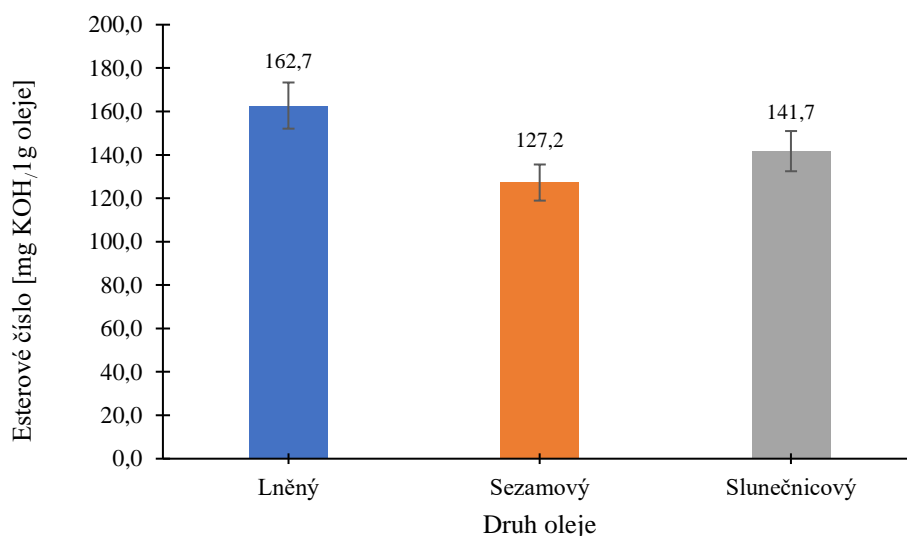


Obrázek 34: Grafické porovnání čísla kyselosti olejů ze semen pečených v chlebu

## Esterové číslo

Hodnoty esterového čísla oleje vylisovaného ze semen pečených ve vrstvě chleba nabývaly hodnot: 162,7 mg KOH pro lněný olej, 127,2 mg KOH pro sezamový olej a 141,7 mg KOH na 1 g oleje pro slunečnicový olej. Ze získaných hodnot je zřejmé, že nejvyšší množství esterově vázaných mastných kyselin po upečení semen obsahoval lněný olej.

Hodnoty esterového čísla byly vypočteny podle rovnice (11-12).

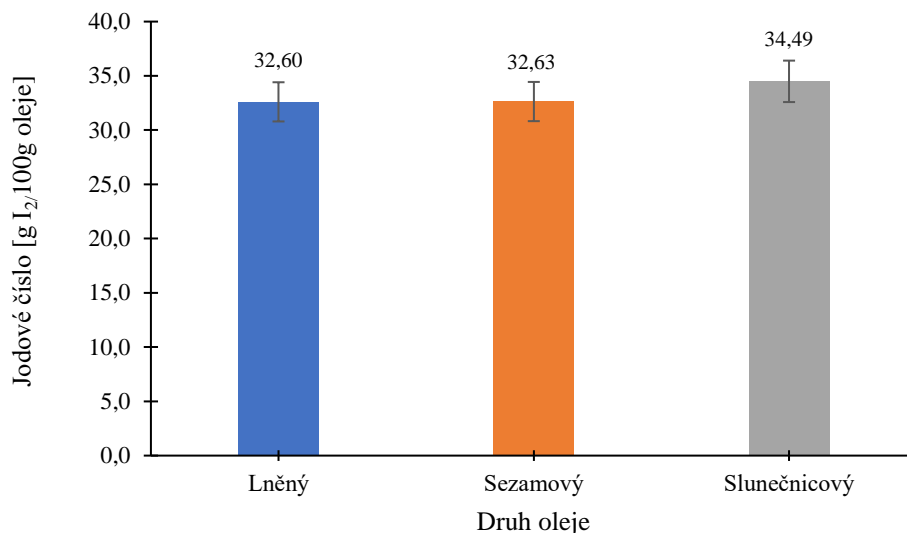


Obrázek 35: Grafické porovnání esterového čísla olejů ze semen pečených v chlebu

## Jodové číslo

Jodové číslo olejů ze semen pečených ve vrstvě chleba bylo stanoveno 32,60 g I<sub>2</sub> pro lněný olej, 32,63 g I<sub>2</sub> pro sezamový olej a 34,49 g I<sub>2</sub> na 100 g oleje pro slunečnicový olej. Ze získaných hodnot plyne, že nejvyšší míru nenasycenosti při upečení semen ve vrstvě chleba vykazoval olej slunečnicový.

Hodnoty jodového čísla byly vypočteny podle rovnice (13-18).

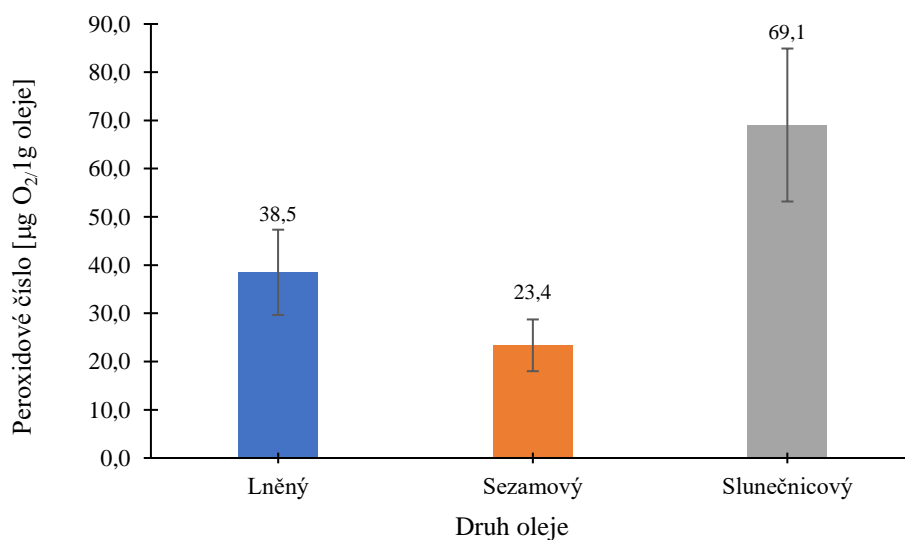


Obrázek 36: Grafické porovnání jodového čísla olejů ze semen pečených v chlebu

## Peroxidové číslo

Peroxidové číslo olejů vylisovaných ze semen pečených ve vrstvě chleba bylo stanoveno: pro lněný olej 38,5 µg O<sub>2</sub>, pro sezamový olej 23,4 µg O<sub>2</sub> a pro slunečnicový olej 69,1 µg O<sub>2</sub> na 1 g oleje. Ze získaných hodnot lze říct, že nejvyšší míru oxidace nabýval slunečnicový olej.

Hodnoty peroxidového čísla byly vypočteny podle rovnice (19-24).



Obrázek 37: Grafické porovnání peroxidového čísla olejů ze semen pečených v chlebu

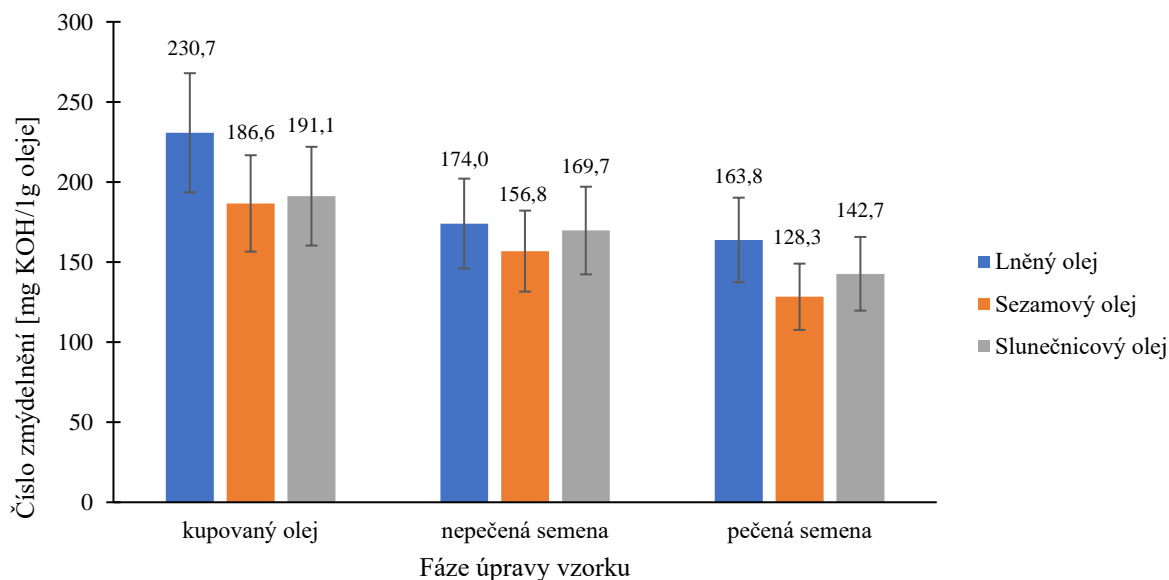
#### 4. 5. Porovnání jednotlivých fází úpravy vzorku

##### Číslo zmydlnění

Číslo zmydlnění u vzorků kupovaného oleje a oleje vylisovaného z čerstvých semen nabývalo odlišných hodnot u jednotlivých olejů a to pravděpodobně z důvodu technologie výroby daného oleje. Zatímco průmyslově vyrobený olej podléhá dalším operacím (extrakce, bělení, deodorace aj.), díky nimž může průmyslově vyrobený olej obsahovat vyšší množství mastných kyselin, vzorek oleje připravený z čerstvých semen podstoupil pouze proces lisování a filtrace, tedy nebylo získáno maximální možné množství mastných kyselin. Vzorky obou fází úpravy (bez zahřívání semen či oleje) vykazují vyšší hodnoty čísla zmydlnění oproti fázi oleje vylisovaného z pečených semen.

Pokles čísla zmydlnění (ve srovnání s olejem vylisovaným ze semen pečených v chlebu) činil u kupovaného lněného oleje 29,01 %, u kupovaného sezamového oleje 31,23 %, u kupovaného slunečnicového oleje 25,35 %, u lněného oleje vylisovaného z čerstvých semen 5,88 %, u sezamového oleje vylisovaného z čerstvých semen 18,17 % a u slunečnicového oleje vylisovaného z čerstvých semen 15,91 %.

V obou případech tepelně neupravených olejů došlo k nejvyšší oxidaci, či degradaci mastných kyselin u sezamového oleje, což znamená, že podle hodnot čísla zmydlnění je sezamový olej nejméně oxidačně stabilní z vybraných druhů olejů. Protože pokles čísla zmydlnění nastával u všech druhů vzorků, lze říct, že při zahřívání semen olejnin ztrácí vylisovaný olej částečně svoji nutriční hodnotu (snižuje se obsah mastných kyselin a vznikají produkty oxidace).



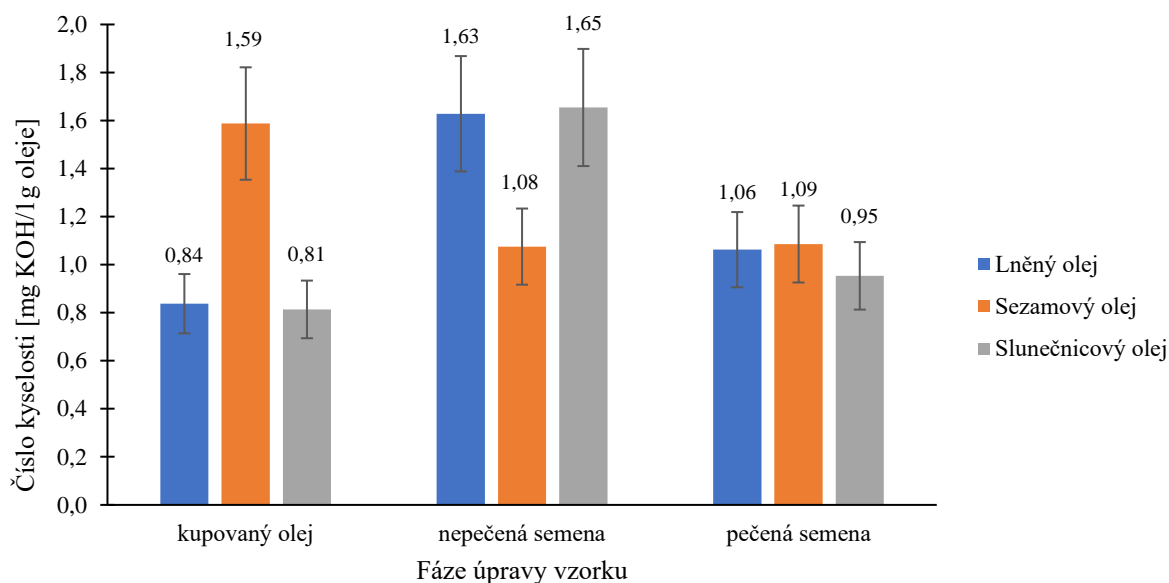
Obrázek 38: Grafické porovnání čísla zmydlnění vzorků v různých fázích úpravy

## Číslo kyselosti

Číslo kyselosti kupovaných olejů a olejů vylisovaných z čerstvých semen se opět liší. Vyšší hodnoty čísla kyselosti olejů vylisovaných z čerstvých semen vypovídají o vyšším obsahu volných mastných kyselin, než je tomu v případě kupovaných olejů, které byly podrobeny rafinaci a přebytečné volné mastné kyseliny byly odstraněny.

Při porovnání olejů bez jakékoli tepelné úpravy semen (kupovaných, či vylisovaných), dochází u kupovaných olejů (ve srovnání s oleji vylisovanými ze semen pečených v chlebu) k nárůstu a to konkrétně o 26,86 % u lněného oleje, o 17,18 % u slunečnicového oleje, jenom u sezamového oleje docházelo k poklesu čísla kyselosti, a to o 31,60 %. Nárůst čísla kyselosti, potažmo obsahu volných mastných kyselin lze vysvětlit nižším obsahem volných mastných kyselin již v kupovaném oleji díky použité rafinaci. Oleje vylisované z čerstvých semen vykazovaly především pokles čísla kyselosti a to konkrétně o 34,76 % u lněného oleje, o 42,36 % u slunečnicového oleje a u sezamového oleje docházelo k mírnému nárůstu čísla kyselosti a to o 0,99 %.

Z uvedených výsledků lze říct, že nejvyšší ztráta volných mastných kyselin zahříváním semen nastává u slunečnicového oleje (porovnání oleje vylisovaného z čerstvých semen a oleje vylisovaného ze semen pečených v chlebu). Porovnávání výsledků kupovaných olejů a olejů vylisovaných ze semen pečených v chlebu nelze považovat za relevantní kvůli rafinačním úpravám komerčních olejů a odstranění části volných mastných kyselin.



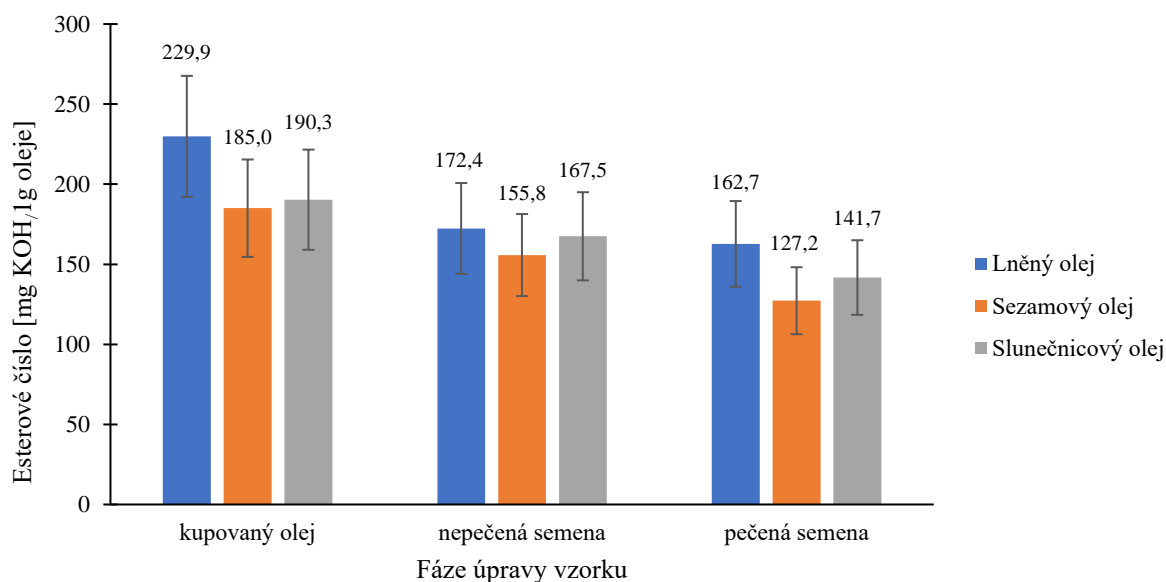
Obrázek 39: Grafické porovnání čísla kyselosti v různých fázích úpravy vzorku

## Esterové číslo

Esterové číslo kupovaných olejů a olejů vylisovaných z čerstvých semen se liší opět z důvodu procesu rafinace průmyslové výroby olejů. V závislosti na vysokých hodnotách čísla zmýdelnění nastával u všech typů olejů k poklesu esterového čísla v porovnání s hodnotou esterového čísla olejů vylisovaných ze semen pečených v chlebu.

Při srovnání kupovaných olejů a olejů vylisovaných ze semen pečených v chlebu nastal u lněného oleje pokles o 29,21 %, u sezamového o 31,23 % a u slunečnicového o 25,53 %. Při srovnání olejů vylisovaných z čerstvých semen a olejů vylisovaných ze semen pečených v chlebu docházelo k poklesu esterového čísla u lněného oleje o 5,61 %, u sezamového o 18,30 % a u slunečnicového o 15,38 %.

Z výsledků vyplývá, že u všech vzorků zkoumaných olejů došlo ke snížení esterově vázaných mastných kyselin, tedy vzniku oxidačních produktů jako jsou hydroperoxydy, oxokyseliny aj.



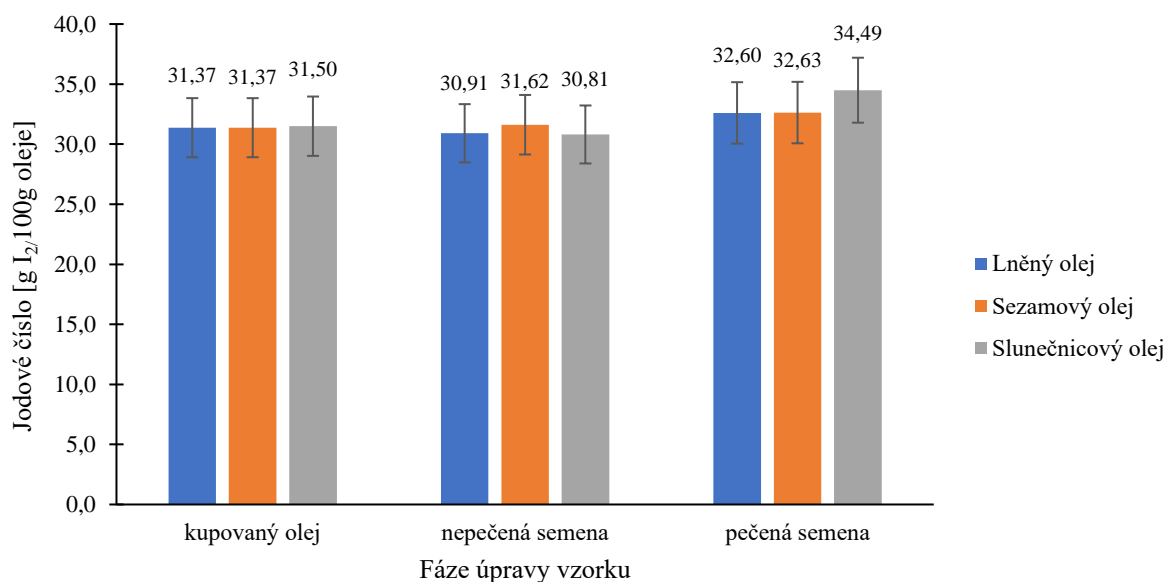
Obrázek 40: Grafické porovnání esterového čísla v různých fázích úpravy vzorku

## Jodové číslo

Hodnoty jodového čísla kupovaných olejů a olejů lisovaných z čerstvých semen se výrazně nelišily, což znamená, že co se týče obsahu nenasycených mastných kyselin, obsahovaly oleje srovnatelné množství.

Při srovnání teplotně neupravovaných olejů s oleji lisovanými ze semen pečených v chlebu docházelo k mírnému nárůstu a to konkrétně při srovnání kupovaného oleje s olejem vylisovaným ze semen pečených v chlebu u lněného oleje o 3,92 %, u sezamového o 4,02 % a u slunečnicového o 9,51 %. Při srovnání olejů vylisovaných z čerstvých semen a olejů vylisovaných ze semen pečených v chlebu docházelo k nárůstu jodového čísla u lněného oleje o 5,48 %, u sezamového oleje o 3,20 % a u slunečnicového o 11,96 %.

Z výsledků vyplývá, že pečení semen nemělo výrazný vliv na obsah nenasycených mastných kyselin. Při oxidaci olejů byl očekáván spíše pokles jodového čísla, tedy vzniklý nárůst lze považovat za nepřesnost stanovení. Můžeme tedy říct, že obsah nenasycených mastných kyselin v olejích zůstal téměř neměnný, pouze u slunečnicového oleje se mírně zvýšil.



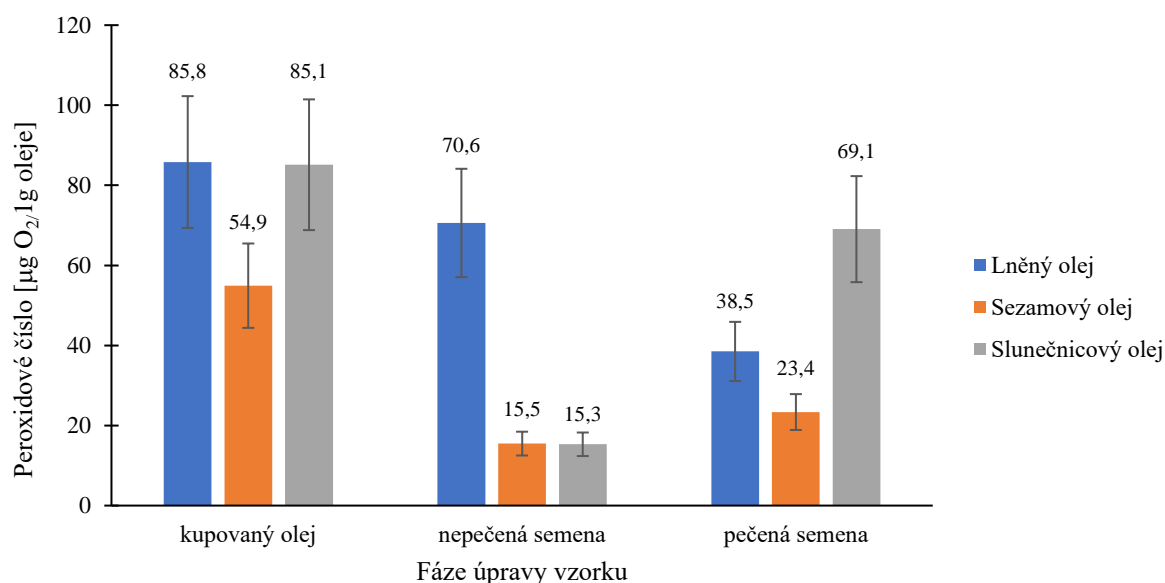
Obrázek 41: Grafické porovnání jodového čísla v různých fázích úpravy vzorku

## Peroxidové číslo

Hodnoty peroxidového čísla kupovaných olejů a olejů vylisovaných z čerstvých semen se liší pravděpodobně z důvodu částečné oxidace již koupených olejů. U olejů vylisovaných z čerstvých semen bez tepelné úpravy se oxidace oleje nepředpokládá. Nicméně lněný olej již oxidaci vykazoval z důvodu předsušení semen v sušárně při teplotě 60 °C po dobu 24 h, aby bylo dosaženo vyšší výtěžnosti oleje.

Při srovnání peroxidového čísla kupovaných olejů s oleji vylisovanými ze semen pečených v chlebu vždy docházelo k poklesu, konkrétně u lněného oleje o 55,13 %, u sezamového o 57,46 % a u slunečnicového o 18,89 %. U srovnání peroxidového čísla olejů vylisovaných z čerstvých semen a olejů lisovaných ze semen pečených v chlebu docházelo k poklesu pouze u lněného oleje o 53,55 %, u dalších pak k nárůstu, a to u sezamového oleje o 50,90 % a u slunečnicového o 350,98 %.

Pokles peroxidového čísla při srovnání kupovaných olejů a olejů lisovaných ze semen pečených v chlebu je nejspíše dán již zmíněnou částečnou oxidací kupovaných olejů. U semen sezamu a slunečnice proběhala oxidace oleje, což značí zvýšení hodnoty peroxidového čísla. U lněného oleje došlo k poklesu nejspíše z důvodu zoxidovaného oleje lisovaného z čerstvých semen, která byla sušena volně v sušárně při teplotě 60 °C. Teplota sušení je sice nižší, avšak při pečení lněných semen ve vrstvě chleba obsahovalo chlebové těsto určité % vlhkosti, která mohla oxidaci lněného oleje zmírnit.



Obrázek 42: Grafické porovnání peroxidového čísla v různých fázích úpravy vzorku

## 5. ZÁVĚR

V dnešní době se čím dál víc rozrůstá trh s chlebovými výrobky ze speciálních směsí hlavně díky rozšiřování povědomí konzumentů ohledně zdravějších alternativ běžně dostupných potravin a jejich účinků. Vliv olejů, obsažených v semenech olejnin používaných při přípravě těchto speciálních směsí, na zdraví, tak nechává studium jejich složení stále aktuálním.

Teoretická část této práce obsahuje literární rešerši průmyslové výroby pšeničného chleba. Věnuje se popisu vybraných semen olejnin a popisu olejů získaných lisováním těchto semen. Dále je zde zmíněn význam a stanovení tukových čísel jako charakteristik zkoumaných olejů.

V úvodu experimentální části jsou popsány vzorky kupovaných olejů i semen olejnin a jejich další úprava pro následnou analýzu. Pro kvantitativní analýzu olejů bylo zvoleno stanovení tukových čísel, konkrétně čísla zmydlnění, čísla kyselosti, esterového čísla, jodového čísla a peroxidového čísla.

Testovány byly celkem 3 druhy kupovaných olejů (lněný, sezamový, slunečnicový) a 3 druhy semen olejnin (lněné, sezamové, slunečnicové) zakoupené v místním obchodě se zdravými potravinami. V první části byla stanovená tuková čísla kupovaných olejů, posléze následovala analýza tukových čísel olejů vylisovaných z čerstvých semen olejnin, potom analýza olejů zahřátých semen olejnin a nakonec byly analyzovány oleje vylisované ze semen pečených ve vrstvě uvnitř chleba.

Hodnoty čísla zmydlnění všech vzorků olejů po pečení ve vrstvě chleba vykazovaly % pokles. Nejvýznamnější byl zaznamenán u sezamového oleje, a to 31,23 % při srovnání kupovaný olej/olej ze semen pečených v chlebu a 18,17 % při srovnání olej z čerstvých semen/olej ze semen pečených v chlebu. Oxidačně nejméně stabilní (z hlediska celkového obsahu mastných kyselin) byl tedy sezamový olej.

Při porovnání čísla kyselosti vzorků olejů lisovaných z čerstvých olejů a olejů lisovaných ze semen pečených v chlebu byl zaznamenán % pokles, kde k nejvyššímu došlo u slunečnicového oleje 42,36 %. U sezamového oleje byl zaznamenán mírný nárůst čísla kyselosti o 0,99 %, což znamená, že sezamový olej i po pečení semen obsahoval podobné množství volných mastných kyselin. Čísla kyselosti kupovaných olejů nabývaly v případě lněného a slunečnicového oleje vyšších hodnot než u olejů z čerstvých semen, pravděpodobně z důvodu odlišné technologie jejich výroby, tedy u obou olejů byl zaznamenán nárůst čísla kyselosti. Pouze sezamový olej nabýval vyšší hodnoty čísla kyselosti, tedy po pečení semen byl zaznamenán pokles o 31,60 %. Z hlediska poklesu obsahu volných mastných kyselin při pečení vykazoval největší změnu z kupovaných olejů sezamový olej a u olejů z čerstvých semen olej slunečnicový.

Hodnoty esterového čísla u obou typů olejů vykazovaly po pečení semen % pokles. Nejvyšší pokles byl v případě kupovaných olejů i olejů z čerstvých semen zaznamenán u sezamového oleje (31,23 % u kupovaného, 18,30 % u oleje z čerstvých semen).

Při porovnání jodového čísla vzorků olejů docházelo ve všech případech k % nárůstu. K nejvyššímu u kupovaných olejů o 9,51 % u slunečnicového oleje a u olejů z čerstvých semen o 11,96 % také u slunečnicového oleje. Znamenalo by to, že nenasyčenost olejů po tepelné úpravě semen vzrostla, zvýšilo se množství nenasyčených mastných kyselin.

V případě peroxidového čísla docházelo u kupovaných olejů vždy k poklesu, neboť již tepelně neupravené vykazovaly známky oxidace. Nejvyšší pokles nastával



u sezamového oleje o 57,46 %. Při porovnání olejů z čerstvých semen a olejů ze semen pečených v chlebu docházelo vždy k nárůstu peroxidového čísla a nejvyššímu u slunečnicového oleje o 350,98 %.

Analýza olejů lisovaných ze zahříváných semen nebyla provedena, neboť při zahřívání docházelo z pukání a spálení semen, tedy vzorky již nebyly vhodné k analýze.

Z výsledků jednotlivých analýz lze říct, že nejvíce náchylný na oxidační změny při tepelném zpracování semen vykazuje sezamový olej společně s olejem slunečnicovým. Naopak nejvíce oxidačně stabilní z hlediska složení byl ve všech případech olej lněný. Hodnoty všech tukových čísel nabývaly nižších, či vyšších hodnot po upečení, vždy okolo 50 %. To znamená, že po pečení semen olejnin v chlebu se nutriční hodnota olejů (resp. semen olejnin) sníží o polovinu ve srovnání s oleji obsaženými v nepečených čerstvých semenech olejnin. U slunečnicového oleje byla zjištěna vysoká oxidační nestabilita (peroxidové číslo) po pečení semen. Lze tedy říct, že z vybraných olejů je slunečnicový nejméně vhodný pro tepelnou úpravu.

Předmětem práce navazující na výsledky této bakalářské práce by mohla být kvalitativní analýza oxidačních produktů olejů ze semen pečených v chlebu, či porovnání kvantitativní analýzy olejů ze semen pečených v chlebu v domácí pekárně s oleji ze semen komerčně dostupných chlebových výrobků.

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-708-0509-9.
- [2] DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií zpracování rostlinných a živočišných surovin, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967-0641-1.
- [3] BUEHLER, Emily Jane. *Bread science: the chemistry and craft of making bread*. Carrboro, N.C.: Two Blue Books, c2006. ISBN 09-778-0680-4.
- [4] SKOUPIL, Jan. *Suroviny na výrobu pečiva*. Pardubice: Kora, 1994. ISBN 80-856-4407-X.
- [5] ŠEDIVÝ, Petr, a kolektiv autorů. *Pekařská technologie I: Suroviny*. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář, 2013. Knižnice Pekaře a cukráře. ISBN 978-80-903913-7-6.
- [6] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [7] EDWARDS, W. P. *The science of bakery products*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, c2007. ISBN 978-0-85404-486-3.
- [8] CARDOSO, Rossana V.C., Ângela FERNANDES, Sandrina A. HELENO, Paula RODRIGUES, Ana M. GONZALÉZ-PARAMÁS, Lillian BARROS a Isabel C.F.R. FERREIRA. *Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours*. Food Chemistry. 2019, 280, 123-129. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.12.063. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618321678>
- [9] Tasaco [online]. Antalya Organize Sanayi Bolgesi Ikinci Kisim 22. Cadde No:10 07190 Antalya / TURKEY [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.tasaco.com/Seed.aspx?cesit=38>
- [10] SHANKEN, Marvin. Whisky: advocate [online]. 167 Main Street Emmaus, PA 18049 [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <http://whiskyadvocate.com/old-monongahela-rye/>
- [11] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [12] SHEWRY, Peter a Arthur S. TANTHAM. *Wheat gluten*. 261. University of Bristol, UK: Royal Society of chemistry, 2000. ISBN 0-85404-865-0.
- [13] Struktura škrobu. *Old.pglbc* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://old.pglbc.cz/files/chv/slovník/skrob.html>
- [14] *Chem.muni: Základní pojmy z biochemie* [online]. In: . [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: [http://orion.chemi.muni.cz/zakladni\\_pojmy\\_z\\_biochemie/page0163.htm](http://orion.chemi.muni.cz/zakladni_pojmy_z_biochemie/page0163.htm)
- [15] PŘÍHODA, Josef, Pavla HUMPOLÍKOVÁ a Dana NOVOTNÁ. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 2003. ISBN 80-902-9221-6.
- [16] *Pinnacle Fresh Yeast*. Viscofoods [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://viscofoods.com/product/pinnacle-fresh-yeast-1kg/>
- [17] Yeast. In: *Bakerpedia* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://bakerpedia.com/ingredients/yeast/>

- [18] Yeast. In: *Nuts* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://nuts.com/cookingbaking/leavenerthickener/yeast.html>
- [19] Instant dried yeast. In: *Aswaqmecca* [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://www.aswaqmecca.com.au/product/instant-dried-yeast-100g/>
- [20] Různé formy droždí. In: *Vše o droždí* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.vseodrozdi.cz/cs/ruzne-formy-drozdi.php?levure=2>
- [21] ŠEDIVÝ, Petr a Jaroslav ALBRECHT. *Pekařská technologie II.: Výroba chleba*. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář, 2014. Knižnice Pekaře a cukráře. ISBN 978-80-905481-0-7.
- [22] Hnětač s překlápěním. In: *Jarospol* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.jaropol.com/hnetac-s-preklapenim-esmach-tspi>
- [23] Zrací koš. In: *Web2.mendelu* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4286&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4286&typ=html)
- [24] Dělička Trima. In: *Pekass* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.pekass.cz/produkt/delicka-ta-trima-objemova-chleba-2/>
- [25] Kónický vykuloваč. In: *Jarospol* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [http://www.jaropol.com/uploadedfiles/pluginimagegallery/detail\\_produkty/obrazky/w720xh660/07f07d08341447238985.jpg](http://www.jaropol.com/uploadedfiles/pluginimagegallery/detail_produkty/obrazky/w720xh660/07f07d08341447238985.jpg)
- [26] Pater noster kynárna. In: *Lscr* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.lscr.cz/cz/pater-noster-kynarna>
- [27] Kynárna. In: *Tenart* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://tenart.cz/pekarske-stroje/produkt/ice-cool-iprover/>
- [28] HRABĚ, Jan, Otakar ROP a Ignác HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-731-8372-2.
- [29] Cyklometrická pásová pec. In: *J4* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.j4.cz/archiv-aktualit/spusteni-nove-pekarske-pasove-pece-ve-meste-dzerzinsk-rusko/>
- [30] Chladicí spirála. In: *Web2.mendelu* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4290&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4290&typ=html)
- [31] NÔŽKOVÁ, Janka, Katarína REMESELNÍKOVÁ a Marie BJELKOVÁ. *Characterization and evaluation of flax seeds (*Linum usitatissimum* L.) on selected genotypes*. *Journal of Central European Agriculture*. 2014, 15(1), 193-207. DOI: 10.5513/JCEA01/15.1.1434. ISSN 1332-9049. Dostupné také z: <http://jcea.agr.hr/volumes.php?search=Article:1434>
- [32] NAG, Sumita, Jiban MITRA a P.G. KARMAKAR. *An Overview on Flax (*Linum usitatissimum* L.) and its Genetic Diversity*. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 2015, 8(4), 805-817. DOI: 10.5958/2230-732X.2015.00089.3. ISSN 0974-1712.
- [33] SOLOMON, Ukaan. *GENETIC ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF 13 SESAME* [*Sesamum indicum* (L.) Walp]. Okeke, chioma. University of Nigeria, , 1-90.

- [34] GHARBY, S., H. HARHAR, Z. BOUZOUBAA, A. ASDADI, A. EL YADINI a Z. CHARROUF. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2017, 16(2), 105-111. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.03.004. ISSN 1658077X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1658077X15000132>
- [35] Nzikou, J.M. & Mvoula-Tsiéri, M & Ndangui, C.B. & Pambou-Tobi, N.P.G. & Kimbonguila, A & Loumouamou, B & Silou, Thomas & Desobry, Stéphane. (2010). *Characterization of seeds and oil of sesame (Sesamum indicum L.) and the kinetics of degradation of the oil during heating*. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2. 227-232.
- [36] TOMAS, M., M.A. PAGANI, C.S. ANDREO, M. CAPDEVILA, S. ATRIAN a R. BOFILL. *Sunflower metallothionein family characterisation. Study of the Zn(II)- and Cd(II)-binding abilities of the HaMT1 and HaMT2 isoforms*. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2015, 2015(vol. 148), 35-48. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2015.02.016. ISSN 01620134. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0162013415000598>
- [37] KONYALI, Sema. *Sunflower Production, Consumption, Foreign Trade and Agricultural Policies in Turkey*. *Social Sciences Research Journal*. 2017, 6(4), 11-19.
- [38] ZOUMPOULAKIS, Panagiotis, Vassilia SINANOGLU, Eleni SIAPI, George HEROPOULOS a Charalampos PROESTOS. *Evaluating Modern Techniques for the Extraction and Characterisation of Sunflower (Helianthus annuus L.) Seeds Phenolics. Antioxidants*. 2017, 6(3). DOI: 10.3390/antiox6030046. ISSN 2076-3921. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/2076-3921/6/3/46>
- [39] HRSTKA, Miroslav a Lenka SOMROVÁ. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2017.
- [40] PRÍBELA, Alexandra. *Analýza potravín: cvičenie*. 2. vyd. Bratislava: STU, 1991. ISBN 80-227-0398-2.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Č <sub>z</sub>	Číslo zmýdelnění
Č <sub>k</sub>	Číslo kyselosti
Č <sub>e</sub>	Esterové číslo
Č <sub>j</sub>	Jodové číslo
Č <sub>p</sub>	Peroxidové číslo

## 8. SEZNAM PŘÍLOH

***Příloha 1:** Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků kupovaných olejů*

***Příloha 2:** Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků olejů lisovaných z čerstvých semen*

***Příloha 3:** Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků olejů lisovaných ze semen pečených v chlebu*

## 9. PŘÍLOHY

*Příloha 1: Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků kupovaných olejů*

Fáze úpravy vzorku	Druh oleje	Tukové číslo	Číslo vzorku	Navážka [g]	Výsledná hodnota*	Průměrná hodnota	Odchylka [%]
kupovaný olej	lněný	číslo zmýdelnění	1	1,0347	230,45	230,71	0,23
			2	1,0445	230,98		
		číslo kyselosti	1	5,0300	0,90	0,84	14,74
			2	5,0500	0,78		
		esterové číslo	1		229,56	229,88	0,28
			2		230,20		
		jodové číslo	1	1,0996	31,20	31,37	1,07
			2	1,0838	31,54		
		peroxidové číslo	1	1,0287	93,32	85,81	19,18
			2	1,0217	78,30		
	sezamový	číslo zmýdelnění	1	1,0500	184,35	186,61	2,39
			2	1,0100	188,87		
		číslo kyselosti	1	1,0981	1,54	1,59	6,14
			2	1,0307	1,64		
		esterové číslo	1		182,81	185,02	2,36
			2		187,23		
		jodové číslo	1	1,0958	30,39	31,37	6,06
			2	1,0255	32,35		
		peroxidové číslo	1	1,0410	46,11	54,93	27,67
			2	1,0039	63,75		
	slunečnicový	číslo zmýdelnění	1	1,1584	174,36	191,13	16,13
			2	0,9985	207,90		
		číslo kyselosti	1	1,0291	1,09	0,81	51,19
			2	1,0541	0,53		
		esterové číslo	1		173,27	190,32	16,44
			2		207,37		
		jodové číslo	1	1,0039	31,79	31,50	1,85
			2	1,0269	31,20		
		peroxidové číslo	1	1,0323	92,99	85,13	16,91
			2	1,0353	77,27		

\*Jednotky jednotlivých tukových čísel odpovídají:  $[\check{C}_z]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_k]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_e]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_j]$  = g I<sub>2</sub>/100 g tuku;  $[\check{C}_p]$  = µg O<sub>2</sub>/1 g tuku.

**Příloha 2:** Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků olejů lisovaných z čerstvých semen

Fáze úpravy vzorku	Druh oleje	Tukové číslo	Číslo vzorku	Navážka [g]	Výsledná hodnota*	Průměrná hodnota	Odchylka [%]
olej z čerstvých semen	lněný	číslo zmýdelnění	1	1,0028	176,24	174,02	2,52
			2	1,0287	171,80		
		číslo kyselosti	1	1,0176	1,66	1,63	3,69
			2	1,0566	1,60		
		esterové číslo	1		174,58	172,39	2,51
			2		170,20		
		jodové číslo	1	1,0218	31,11	30,91	1,29
			2	1,0475	30,71		
		peroxidové číslo	1	1,0408	61,49	70,59	22,84
			2	1,0039	79,69		
	sezamový	číslo zmýdelnění	1	1,0300	163,41	156,83	8,06
			2	1,0643	150,24		
		číslo kyselosti	1	1,0739	1,05	1,08	4,94
			2	1,0209	1,10		
		esterové číslo	1		162,37	155,75	8,15
			2		149,14		
		jodové číslo	1	1,0221	31,96	31,62	2,17
			2	1,0286	31,27		
		peroxidové číslo	1	1,0055	15,91	15,48	5,38
			2	1,0627	15,06		
	slunečnicový	číslo zmýdelnění	1	1,0276	169,26	169,68	0,50
			2	1,0060	170,10		
		číslo kyselosti	1	1,0312	1,64	1,65	2,07
			2	1,0099	1,67		
		esterové číslo	1		167,62	168,02	0,48
			2		168,43		
		jodové číslo	1	1,0800	29,55	30,81	7,84
			2	1,0111	32,06		
		peroxidové číslo	1	1,0557	15,16	15,31	2,02
			2	1,0344	15,47		

\*Jednotky jednotlivých tukových čísel odpovídají:  $[\check{C}_z]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_k]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_e]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_j]$  = g I<sub>2</sub>/100 g tuku;  $[\check{C}_p]$  = μg O<sub>2</sub>/1 g tuku.



**Příloha 3:** Hodnoty tukových čísel jednotlivých stanovení vzorků olejů lisovaných ze semen pečených v chlebu

Fáze úpravy vzorku	Druh oleje	Tukové číslo	Číslo vzorku	Navážka [g]	Výsledná hodnota*	Průměrná hodnota	Odchylka [%]
olej ze semen pečených v chlebu	lněný	číslo zmýdlnění	1	1,0280	158,27	163,79	6,51
			2	1,0605	169,30		
		číslo kyselosti	1	1,0709	1,05	1,06	2,14
			2	1,0480	1,07		
		esterové číslo	1		157,22	162,72	6,54
			2		168,22		
		jodové číslo	1	1,0872	31,67	32,60	5,54
			2	1,0270	33,53		
		peroxidové číslo	1	1,0089	31,72	38,50	29,97
			2	1,0598	45,29		
	sezamový	číslo zmýdlnění	1	1,0619	129,45	128,33	1,73
			2	1,0585	127,21		
		číslo kyselosti	1	1,0316	1,09	1,09	0,92
			2	1,0412	1,08		
		esterové číslo	1		128,36	127,24	1,73
			2		126,13		
		jodové číslo	1	1,0551	32,28	32,63	2,13
			2	1,0403	32,98		
		peroxidové číslo	1	1,0705	14,95	23,36	52,98
			2	1,0068	31,78		
	slunečnicový	číslo zmýdlnění	1	1,0122	141,04	142,67	2,26
			2	1,0469	144,31		
		číslo kyselosti	1	1,0331	1,09	0,95	24,93
			2	1,0322	0,82		
		esterové číslo	1		139,95	141,72	2,46
			2		143,49		
		jodové číslo	1	1,0190	34,43	34,49	0,39
			2	1,0080	34,56		
		peroxidové číslo	1	1,0619	60,27	69,05	22,57
			2	1,0278	77,83		

\*Jednotky jednotlivých tukových čísel odpovídají:  $[\check{C}_z]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_k]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_e]$  = mg KOH/1 g tuku;  $[\check{C}_j]$  = g I<sub>2</sub>/100 g tuku;  $[\check{C}_p]$  = μg O<sub>2</sub>/1 g tuku.